...O PIZZOFALCONE

2384

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XXX

Palchetto

Num.° d' ordine 11 5-C-44

NAZIONALE

B. Prov.

I

1462

R. BIBLIOTECA VITT. EM. III

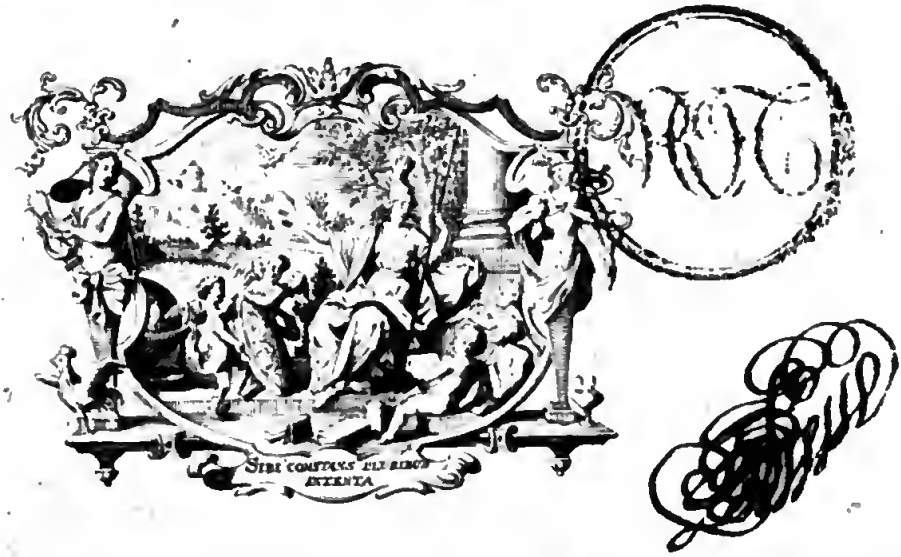
NAPOLI

B. Prov.
I
1462

C07Ch9

OEUVRES
DIVERSES
DE
M. BELIDOR,

CONCERNANT L'ARTILLERIE
ET LE GENIE.



A AMSTERDAM ET A LEIPZIG,
Chez ARKSTÉE & MERKUS, Libraires.
Et se vend à Paris,
Chez JOMBERT, Libraire, rue Dauphine.

M. DCC. LXIV.

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

AVERTISSEMENT.

DU

LIBRAIRE.

CETTE Collection des Œuvres diverſes de M. BELIDOR ſur l'Artillerie & le Génie, ainſi que bien d'autres événemens plus conſidérables, doit ſon origine & ſon exiſtence au haſard. Parmi les Papiers manuſcripts que je trouvai dans la Bibliothéque d'un de nos plus fameux Ingénieurs, que j'achetai il y a quelque tems, (ainſi que je l'ai dit dans l'Avertiſſement qui eſt à la tête de la Relation du Siége de *Philiſbourg*, inſérée dans la nouvelle Edition, que je viens de faire des *Mémoires de M. Goulon*,) je trouvai des cahiers manuſcripts, portant le nom de M. *Belidor*,

qui m'ont paru un recueil des leçons que dictoit ce célébre Mathématicien, dans l'Ecole d'Artillerie de *la Fére*, lorſqu'il en étoit Profeſſeur. Le nom ſeul de cet Auteur, qui a déja donné au Public différens Ouvrages fort eſtimés, joint au conſeil de pluſieurs habiles Officiers de nos Provinces-Unies, m'ont déterminé à mettre au jour ces Piéces fugitives de M. *Belidor*, ſur l'Artillerie & le Génie. Je n'ignore pas que quelques-uns de ces Mémoires, tels que ſa Théorie de la Poudre & ſa nouvelle Théorie du jet des Bombes, ſont déja imprimés ailleurs (*). Mais outre qu'ils y ſont très-déplacés, puiſquil ſeroit plus commode pour des Bombardiers, d'avoir des Tables toutes ſeules, pour leur uſage, ſans aucun Diſcours;

(*) Dans le *Bombardier François*, par M. *Belidor*, *In-quarto*, imprimé au Louvre, aux dépens de Sa Majeſté Très-Chrétienne.

e ſuis perſuadé que les Ingénieurs, ainſi que tous les Militaires en général, me ſçauront bon gré d'avoir aſſemblé dans un ſeul Volume, l'un prix & d'un format médiocres, lifférentes piéces fort intéreſſantes ju'on a de la peine à trouver ailleurs, même dans les Ouvrages où elles ſont inſérées, parce qu'elles ſont comme enſevelies dans un mas de matieres étrangeres au ſuet qu'elles traitent. J'ajouterai que, parmi les Ecrits de M. *Belidor*, qui compoſent ce Recueil, l y en a pluſieurs qui n'ont jamais été imprimés, tels que ſes Réflexions & ſes Maximes ſur les Fortifications en général, & ſon Traité des Mines & des Contremines, qui eſt le fruit de ſes recherches & de ſes expériences réitérées ſur cette partie de l'Artillerie, & qu'on doit recevoir avec d'autant plus l'empreſſement, que cet homme

illuſtre étant mort il y a quelques années, nous n'avons plus d'eſpérance que le grand Ouvrage qu'il promettoit depuis ſi long-temps *ſur les Fortifications, l'Attaque & la Défenſe des Places, l'Artillerie & les Mines*, puiſſe être rendu public, pour les raiſons qu'on verra vers la fin de l'Éloge de M. *Belidor*, qui ſuit cet Avertiſſement. Nous avons cru devoir enrichir cette nouvelle édition de l'Éloge hiſtorique de ce grand homme ; c'eſt une eſpéce d'hommage que nous lui rendons, au nom du Public, en reconnoiſſance de tous les beaux Ouvrages dont il l'a favoriſé, & du zele infatigable avec lequel il a travaillé pendant toute ſa vie à perfectionner les Sciences néceſſaires pour former un habile Ingénieur & un bon Officier d'Artillerie. Cet Éloge ſera ſuivi du Catalogue des Ouvrages de cet

Auteur qui ont été imprimés.

Nous avons auſſi ajouté à cette Edition, une Diſſertation de M. *Belidor*, qui contient *ſa nouvelle Théorie ſur la Science des Mines*, propre à la guerre des Siéges, où l'on trouvera tout le détail de ſon ſyſtême ingénieux du *Globe de compreſſion*. On y a joint un Mémoire ſur les épreuves de Mines & de Contremines qu'il a faites à *Biſy*, en 1753, par Ordre de S. M. Très-Chrétienne. Ces deux derniers morceaux devoient entrer dans le *Traité de la Guerre ſouterreine*, que M. *Belidor* ſe propoſoit de faire imprimer quelque tems avant ſa mort. Pluſieurs habiles gens auxquels l'Auteur avoit communiqué cet excellent Ouvrage, aſſurent qu'il eût été extrêmement curieux, par le grand nombre d'épreuves & d'expériences ſur les Mines qu'il contenoit, & par les

ſçavantes applications que M. *Belidor* en faiſoit aux différentes opérations de l'attaque & de la défenſe des Places. C'eſt dommage que le Public en ſoit privé !

Les mêmes Libraires viennent de donner au Public, une nouvelle Edition des *Mémoires de M. Goulon, ſur l'Attaque & la Défenſe d'une Place*, corrigée, entiérement refondue & augmentée de pluſieurs Piéces intéreſſantes, telles que *la Relation du Siége d'Ath*, celle *du Siége de Philiſbourg*, par Monſeigneur *le Dauphin*, en 1688, & *la fameuſe Défenſe de Landaw*, par les François, en 1704. On y a joint les Mémoires de M. *de Vauban*, intitulés *le Directeur Général des Fortifications*. Le tout forme un Volume *in-octavo*, avec les figures néceſſaires, & les plans de ces Villes. Le prix eſt de ſix livres, argent de France.

ÉLOGE
DE
M. BELIDOR.

BERNARD FOREST DE BELIDOR, Brigadier des Armées du Roi, Chevalier de l'Ordre Royal & Militaire de Saint Louis, Inſpecteur de l'Arſenal de Paris & des Mineurs de France, des Académies Royales des Sciences de France, d'Angleterre & de Pruſſe, nâquit en Catalogne, en 1697. ou 1698, de *Jean-Baptiſte Foreſt*, Officier au Regiment de Dragons de Valence, & de *Marie Hebert*.

Il éprouva les plus grands malheurs, avant même que de pouvoir les connoître : à peine avoit-il trois mois lorſqu'il perdit ſa mere. Son pere, obligé de partir avec le Régiment, mourut très-peu de tems après, laiſſant ſon fils, âgé au plus de cinq mois, au milieu d'une terre étrangere, & alors même ennemie.

Il ne s'y trouva cependant pas abandonné : le pere, avant ſon départ, l'avoit recommandé à M. *de Foſſiébourg*, Officier d'Artillerie, ſon parain, & à la Dame ſon épouſe. L'état où ſe trouvoit alors le jeune *Belidor* étoit bien capable de toucher des gens, même moins géné-

reux que Monſieur & Madame *de Foſſiébourg*. Ils n'héſiterent point à s'en charger, & à le regarder comme leur propre fils : ce fut ſur ce pied qu'ils le ramenerent en France. Bientôt cette façon de penſer ſi noble ſe changea en un ſentiment plus vif, & l'attachement qu'ils prirent pour cet enfant adoptif fut d'autant plus fort, que le développement de ſon caractere ne leur fit remarquer en lui que des vertus : ils le regarderent toujours comme un de leurs enfans, & le firent élever comme tel.

M. *de Foſſiébourg* mourut en 1711 ; ſa Veuve ſe retira auprès de M. *Cayot de Blanzy*, ſon frere, Ingénieur en Chef, à Montreuil : elle y mena toute ſa famille, & le jeune *Belidor* qui en faiſoit partie : elle le recommanda nommément à ſon frere, auquel elle raconta toute ſon avanture. Celui-ci en fut vivement touché, & les bonnes qualités du jeune homme acheverent de le déterminer à partager les ſentimens de ſa ſœur. Il ne fut pas long-temps à reconnoître en lui des qualités ſupérieures & un goût ſi décidé pour le travail, qu'il lui fut facile de prévoir dès-lors ce qu'il devoit être un jour, & qu'il ſe fit un plaiſir de cultiver des diſpoſitions ſi avantageuſes. Sa Bibliothéque devint celle du jeune *Belidor* ; il y puiſa une infinité de connoiſſances, qui lui furent dans la ſuite de la plus grande utilité : mais il donna la préférence aux Livres de Mathématiques, qu'il par-

couroit avec une ardeur extrême, & qu'il entendoit avec une surprenante facilité.

Les Siéges de Bouchain & du Quesnoy, qui suivirent la Victoire remportée à Denain, par M. le Maréchal *de Villars*, tirerent M. *de Blanzy* de sa retraite. Il y mena le jeune *Belidor*, déja en état de profiter de tout ce qu'il y pourroit voir. Ce fut-là, en effet, qu'il vit pour la premiere fois mettre en pratique les différentes opérations du Génie & de l'Artillerie, desquelles il ne connoissoit que ce qu'il en avoit vû dans ses livres, & qu'il apprit par expérience la nécessité d'acquérir l'art de fortifier les Places, & celui de les représenter exactement par des Plans & des Profils, & par des Desseins corrects. Les études qu'il avoit faites dans le cabinet, en avoient fait un Mathématicien : la vûe des Places & des Siéges auxquels il assista, en fit un véritable Ingénieur.

Au retour de cette campagne il reprit le fil de ses études, & s'y livra avec tant d'ardeur, que, non content d'y employer les journées entieres, il y passoit encore les nuits, & qu'on fut obligé de le veiller de près, pour empêcher qu'un travail si opiniâtre ne ruinât sa santé. Mais, malgré toute l'attention qu'on y apportoit, il trouvoit toujours moyen de dérober quelques nuits qui étoient sacrifiées aux Mathématiques. Peu de jeunes gens de seize ans seroient tentés d'employer au même usage, celles

qu'ils pourroient dérober à la vigilance de ceux qui les gouvernent.

Une étude ſi conſtamment ſuivie ne pouvoit manquer de faire faire au jeune *Belidor* des progrès rapides dans les Mathématiques. Il en avoit fait effectivement de tels, que, lorſque Meſſieurs *Caſſini* & *de la Hire* prolongerent la méridienne de Paris du côté du Nord, les Ingénieurs de Flandres le choiſirent unanimement pour aider ces deux Académiciens dans cette importante opération.

L'ardeur avec laquelle M. *Belidor* ſe livroit alors à l'étude des vérités Mathématiques, n'avoit point affoibli dans ſon cœur l'impreſſion qu'y avoient faites celles de la Religion, dont il avoit été pénétré dès ſon enfance. Il en étoit ſi vivement perſuadé, que croyant la retraite du Cloître plus propre à faire ſon ſalut, que les occupations du ſiécle, il avoit réſolu de ſe conſacrer entiérement à Dieu dans la vie Religieuſe, & étoit venu à Paris dans ce deſſein. Mais MM. *Caſſini* & *de la Hire*, qui avoient eu le loiſir de connoître ſes talens pendant l'opération dans laquelle il les avoit aſſiſtés, le détournerent de ce projet. Pour l'en éloigner davantage, ils le produiſirent à M. *le Blanc*. Ce Miniſtre n'héſita point à le préſenter à feu Monſeigneur le *Duc d'Orleans*, Régent. Ce Prince, d'autant plus ardent protecteur des talens qu'il en étoit lui-même rempli, reconnut

bientôt ceux de M. *Belidor ;* & par différentes gratifications qu'il lui accorda, il le mit en état de les cultiver, & lui fit abandonner abſolument ſon deſſein.

Le but du Prince Régent, en cultivant les talens de M. *Belidor*, avoit été de les rendre utiles à l'Etat : il s'en préſenta bientôt une occaſion. Le Roi établit environ dans ce même tems pluſieurs Ecoles d'Artillerie. M. *de Tuffereau*, Officier d'une grande diſtinction dans ce Corps, fut nommé Commandant de celle de la Fére, & il fut chargé de propoſer la place de Profeſſeur à M. *Belidor*. Celui-ci eut beaucoup de peine à l'accepter : l'eſtime & les bontés dont Monſeigneur le Régent l'honoroit, plus encore les ſecours que lui offroit ſon ſéjour à Paris pour augmenter ſes connoiſſances, l'attachoient à cette Capitale. Cependant, M. *de Tuffereau* ſçut ſi bien lui repréſenter l'utilité dont il pouvoit être à la Fére, que ſon cœur vraiment Citoyen ſe rendit, & qu'il conſentit à être préſenté à Monſeigneur *le Duc du Maine*, Grand Maître de l'Artillerie. Sa réputation l'avoit devancé auprès de ce Prince, qui lui donna dès le premier inſtant les marques les plus flatteuſes & les moins équivoques de ſon eſtime & de ſa bienveillance.

Auſſitôt après ſon arrivée à la Fére, il commença à tracer le Poligone qui devoit ſervir à faire exécuter aux Eleves toutes les opérations

qui ſe pratiquent dans l'attaque & dans la défenſe des Places. Les Ambaſſadeurs de différentes Puiſſances, qui ſe trouvoient alors au Congrès de Cambray, s'y rendirent, lorſqu'on en fit l'attaque, & ils en ſortirent pleins de ſatisfaction & pénétrés pour lui des ſentimens d'eſtime, qu'ils n'ont jamais ceſſé de lui témoigner dans les différentes occaſions qui ſe ſont préſentées.

Ce fut à peu près dans ce même-tems (en 1725) qu'il donna au Public ſon *Nouveau Cours de Mathématique, à l'uſage de l'Artillerie & du Génie.*

L'Arithmétique, l'Algébre & la Géométrie ſont la baſe commune de toutes les Mathématiques mixtes. Tous ceux qui veulent ſe livrer à quelque partie que ce ſoit, doivent néceſſairement y être initiés; mais il n'eſt pas toujours néceſſaire de poſſéder ces trois Sciences dans toute leur étendue : elles ont des parties plus particuliérement appropriées aux uſages auxquels on veut les appliquer. La Trigonométrie Sphérique, par exemple, indiſpenſablement néceſſaire à un Aſtronome, eſt preſqu'abſolument inutile à un Ingénieur. Il falloit donc donner des élémens qui continſſent tout ce qui étoit propre au Génie & à l'Artillerie, & qui ne continſſent que cela : c'eſt ce que M. *Belidor* a eu en vûe dans cet Ouvrage. Il y donne un abrégé d'Arithmétique & d'Algébre, des élemens de Géométrie aſſez étendus, dans leſquels il inſiſte beaucoup

ſur la meſure des ſolides, que le toiſé des Ouvrages rend ſi ſouvent néceſſaire aux Ingénieurs. Ces élémens ſont ſuivis d'un traité des Sections Coniques, dans lequel on ne trouve que les propoſitions qui ſervent au jet des bombes, à l'appareil & au toiſé des voûtes. Vient enſuite un Traité de Trigonométrie rectiligne & de Nivellement. Comme ces deux objets ſont abſolument néceſſaires aux Ingénieurs, ils y ſont traités avec toute l'étendue convenable. Les Livres ſuivans contiennent le toiſé de la Maçonnerie & de la Charpente, la Meſure des ſolides réguliers & irréguliers, la Méthode de partager le terrein en pluſieurs parties déterminées, l'uſage du Compas de proportion, la maniere de reconnoître l'alliage de différens métaux fondus enſemble, celle de calculer le nombre de boulets rangés en Pyramide, la Balliſtique ou les élémens de l'art de jetter les Bombes, les principes généraux de la Mécanique, & leur application aux différentes manœuvres de l'Artillerie & du Génie. Enfin, l'ouvrage eſt terminé par un Traité de l'équilibre des fluides entr'eux & avec les corps qui y ſont plongés, des vîteſſes des eaux qui s'échappent par des ouvertures données, & du choc de ces eaux contre les ſurfaces en repos ou en mouvement, qu'elles rencontrent ſuivant différentes directions, & par l'application du principe de la peſanteur de l'air à l'explication des Phénomenes qu'on attribuoit autrefois à l'horreur du vuide.

Cet Ouvrage eut le ſuccès le plus marqué ; il fut adopté dans toutes les Ecoles d'Artillerie, & la rapidité avec laquelle les éditions qu'on en a faites ſe ſont ſuccédées, eſt la preuve la moins équivoque du jugement avantageux que le Public en a porté.

Par l'adoption que toutes les Ecoles avoient faite du *Cours de Mathématique* de M. *Belidor*, il en étoit en quelque ſorte devenu le Profeſſeur général : mais on aimoit encore mieux avoir affaire à lui qu'à ſon Livre ; & l'Ecole de la Fére étoit toujours remplie, non-ſeulement de tous les Officiers François qui avoient envie de ſe ſignaler dans leur état, mais encore d'une infinité d'Etrangers, ſouvent du plus haut rang, qui venoient y prendre des Leçons. La plûpart étoient envoyés par leurs Souverains qui demandoient à ces Officiers, à leur retour, des Certificats qui puſſent juſtifier de la maniere dont ils avoient exécuté leurs ordres.

Auſſi jamais Profeſſeur n'eut-il plus d'attention pour ſes Diſciples : il s'y livroit tout entier, & pouſſoit même quelquefois la généroſité & l'amour du bien public, juſqu'à fournir l'entretien de ceux dans leſquels il avoit reconnu des talens ſupérieurs, que la modicité de leur fortune auroit rendus inutiles.

Les principaux Officiers du Bataillon d'Artillerie qui étoient à la Fére, pénétrés d'eſtime pour M. *Belidor*, demanderent au Prince Régent

qu'un Sujet qui pouvoit faire tant d'honneur à leur Corps, y fût attaché en qualité de Capitaine réformé. La mort du Prince rendit leur demande inutile : mais M. le *Duc du Maine*, en ayant été informé, y eut égard, & accorda à M. *Belidor* le grade de Commiſſaire d'Artillerie. Cette grace, qui avoit été ſollicitée par les principaux Officiers du Bataillon, déplut à quelques jeunes gens qui ne purent ſans murmurer, voir leur Profeſſeur revêtu du même uniforme qu'eux : mais leurs murmures n'opérerent qu'une reprimande aſſez bien méritée, & quelques jours de priſon pour les plus coupables.

M. *Belidor*, malgré les occupations immenſes que ſa place lui occaſionnoit, travailloit encore à s'en acquitter d'une maniere plus particuliere par un Ouvrage qu'il méditoit, & qui parut en effet en 1729, quatre ans après la publication de ſon *Cours de Mathématique*, ſous le nom de *la Science des Ingénieurs*.

Jamais Ouvrage n'a mieux mérité ce titre : il contient en effet tous les principes neceſſaires pour mettre les Ingénieurs en état d'appliquer à la pratique les connoiſſances Mathématiques, que la lecture du premier Ouvrage a pû leur donner. Il y traite de la Conſtruction des revêtemens, & des épaiſſeurs qu'on doit leur donner relativement à la pouſſée des terres : des épaiſſeurs que doivent avoir les voûtes pour être capables d'une réſiſtance proportionnée aux efforts

qu'elles peuvent avoir à ſoutenir ; du choix des matériaux qui doivent entrer dans la conſtruction des édifices, de la maniere de les mettre en œuvre, des différens obſtacles qu'on peut rencontrer, & des moyens de les vaincre. Pour mettre cette partie dans tout ſon jour, il en fait l'application à la conſtruction d'une Place qu'on voudroit élever dans un endroit où il n'y auroit encore aucun bâtiment. Cette ſuppoſition lui donne lieu de traiter des différens édifices qui accompagnent ordinairement les Fortifications ; tels ſont les Remparts, les Portes des Villes, les Caſernes, les Guérites, les Magaſins de toute eſpéce, les Citernes, &c. Comme la plûpart de ces édifices ſont aſſujettis aux régles de l'Architecture Civile, il développe dans le même Ouvrage, non ſeulement les maximes de la conſtruction & les détails néceſſaires ſur les bois & les autres matériaux qu'on y employe, mais encore les principes des cinq Ordres d'Architecture & de la décoration extérieure, dont quelques-uns ſont ſuſceptibles. Il finit par enſeigner la méthode de faire le Toiſé & les Devis de ces différens Ouvrages. En un mot, on peut regarder ce Livre comme un Traité complet, quoique très-abrégé, de l'Architecture Militaire & de la partie de l'Architecture Civile qui y a rapport.

Ce qui doit plus que tout le reſte relever la gloire de l'Auteur, c'eſt l'extrême modeſtie avec laquelle il penſoit ſur un Ouvrage qui lui avoit

tant

tant coûté, & les ordres réïtérés qui furent néceſſaires pour le lui faire publier. Encore ne s'y rendit-il qu'après que quatre Directeurs des Fortifications, & M. *de Cotte*, premier Architecte du Roi, l'eurent examiné avec la plus ſcrupuleuſe attention. Cet Auteur, cependant, qui ne publioit ſon ouvrage qu'avec tant de précautions, étoit déja, ſur ſa ſeule réputation, Membre de la Société Royale de Londres & de l'Académie de Berlin; & on le comptoit depuis long-tems au nombre des correſpondans de l'Académie des Sciences de Paris. Mais il arrive preſque toujours que ceux qui redoutent le plus le jugement du Public, ſont préciſément ceux qui ont le moins de ſujet d'en craindre la ſévérité.

Deux ans après, M. *Belidor* publia un autre Ouvrage purement relatif à l'Artillerie, ſous le titre du *Bombardier François*. Cet Ouvrage eſt encore une application des principes qu'il avoit donnés ſur cette matiere dans ſon *Cours de Mathématique*.

La Théorie & la Pratique, parfaitement d'accord en ce point, ont fait connoître que la plus grande portée des Bombes étoit lorſqu'on les tire ſous une direction inclinée de 45 dégrés à l'horiſon; & qu'on obtenoit préciſément la moitié de cette portée, en pointant le mortier ſous un angle de 15 dégrés : mais toutes les portées intermédiaires ne pouvoient être déterminées qu'en calculant l'amplitude ou l'ouverture de la parabole que décrit la Bombe : calcul impraticable

pour la plûpart des Bombardiers, qui en étoient réduits au tâtonnement. M. *Belidor* entreprit d'en conſtruire des Tables ; & ces Tables ſont ſi ſimples, qu'en connoiſſant par un coup d'épreuve la diſtance à laquelle un mortier pointé à 15 dégrés a chaſſé une Bombe avec une charge déterminée, on peut, d'un ſeul coup d'œil, trouver l'angle ſous lequel il doit être pointé, pour chaſſer avec la même charge une bombe ſemblable, à une diſtance donnée : avantage conſidérable pour les Bombardiers, que M. *Belidor* a délivrés pour toujours du calcul ou du tâtonnement. Il a joint à cet Ouvrage le détail des différens défauts qui peuvent ſe gliſſer dans la pratique du jet des Bombes, & une ſeconde partie qui contient la compoſition des Feux d'Artifice qui ſont en uſage à la Guerre, & de ceux qu'on emploie dans les réjouiſſances.

Le mérite de cet Ouvrage fut ſi univerſellement reconnu, qu'il fut imprimé par ordre du Roi, & envoyé *gratis* à toutes les Ecoles d'Artillerie, pour ſervir de régle à cette partie du ſervice, dans laquelle M. *Belidor* eſt par ce moyen devenu en quelque ſorte Légiſlateur.

Un homme d'un eſprit auſſi droit & dont le zéle pour le Service du Roi s'étoit fait connoître en tant d'occaſions, n'étoit pas ſeulement propre à calculer la portée des bombes. M. *Dangerviliers*, alors Miniſtre de la Guerre, le chargea en 1733 d'une Commiſſion ſecrette, dans laquelle

il devoit, ſelon les ordres de la Cour, concerter ſes démarches avec M. le Comte *de Belle-Iſle*, depuis Duc, Pair & Maréchal de France. Ce Seigneur fut ſi ſatisfait de l'intelligence avec laquelle M. *Belidor* s'acquitta de cette Commiſſion, qu'il prit pour lui, non-ſeulement la plus haute eſtime, mais encore la confiance la plus parfaite & la plus ſincere amitié, deſquelles il n'a ceſſé de lui donner des preuves juſqu'à ſa mort.

En 1737 il mit au jour le premier Volume de la premiere partie de ſon *Architecture Hydraulique*, dont le ſecond Volume parut deux ans après. Il ſçavoit de quelle importance il étoit pour le bien du Service, d'inſtruire des vrais principes de cette Science, non-ſeulement les Ingénieurs, mais même tous ceux qui peuvent être chargés de conduire, d'élever & de ménager les eaux; de conſtruire des Ports de Mer & des Fortifications Maritimes; de bâtir des Digues & des Ecluſes; de former des Canaux de communication d'une Riviere à l'autre; d'appeller, pour ainſi dire, des eaux pour fertiliſer des cantons que la ſéchereſſe rendoit inutiles, ou d'en deſſécher d'autres qui ſont devenus impraticables par les inondations.

La plûpart de ces principes avoient été juſques-là répandus dans une infinité d'Ouvrages; mais il falloit ſçavoir qu'ils y étoient, & les y aller chercher. M. *Belidor* a pris ſur lui tout le travail de cette recherche: il les a analyſés & mis dans un

nouveau jour, & li les a raſſemblés en un corps dont toutes les parties s'éclairent & ſe fortifient mutuellement. On voit dans la premiere partie de cet Ouvrage combien de circonſtances, ſouvent très-difficiles à prévoir, peuvent déranger conſidérablement l'effet qu'on attend des projets & des machines de cette eſpéce les mieux imaginées. Ici la Théorie eſt toujours ſubordonnée à la pratique ; l'Algébre n'y paroît que pour le beſoin, & jamais pour l'oſtentation. M. *Belidor* donne par-tout des exemples tirés des Ouvrages les plus connus en ce genre : & lorſqu'il n'a pû en rencontrer dans le Royaume, il n'a épargné, ni dépenſes, ni voyages, pour en trouver dans les Pays étrangers.

Tout ceci n'eſt qu'une eſquiſſe très-légere de la quantité preſqu'infinie de ſujets différens contenus dans cette premiere partie de l'*Architecture Hydraulique*, où l'on trouve un Traité complet de mécanique, le calcul de toutes ſortes de machines, la Théorie du mouvement & du choc des corps, ainſi que de leurs frottemens : celle du mouvement des eaux & de l'équilibre des liqueurs, avec des principes pour la jauge & la meſure des eaux courantes, & pour l'eſtimation de leur dépenſe, &c. M. *Belidor* donne enſuite la deſcription & l'analyſe des diverſes machines qui peuvent agir par le moyen de l'eau, celle des moulins de toute eſpéces, à ſcier, à piler, à broyer, des moulins à chapelets, &c. On y

trouve auſſi des recherches fort curieuſes ſur les propriétés de l'air & ſur ſes effets dans les Pompes ; en un mot, c'eſt un recueil complet & raiſonné de toutes les Pompes & les Machines imaginables qui ſervent à élever de l'eau, ſoit par la force des hommes & des animaux, ou par le moyen du vent, ſoit par l'action d'un courant ou par la force du feu. Cet Auteur y traite enfin de l'origine des Fontaines, de la recherche & de la conduite des eaux, de la conſtruction des Baſſins, Reſervoirs & Citernes, & de la diſtribution des eaux courantes, pour les beſoins de la vie, ou des eaux jailliſſantes pour l'embelliſſement & la décoration des Jardins.

En 1750, M. *Belidor* mit au jour le premier Volume de la ſeconde partie de l'*Architecture Hydraulique*, qui fait le troiſiéme Volume de ce grand Ouvrage : le quatriéme & dernier parut en 1753, & combla l'attente du Public, tant par la nouveauté des objets qu'il renferme, que par la maniere intéreſſante avec laquelle ils ſont préſentés. Après l'expoſé général des connoiſſances préliminaires pour l'établiſſement des travaux qui ſe font dans l'eau, l'Auteur donne une deſcription hiſtorique de la Ville & du Port de Dunkerque : il traite enſuite des Ecluſes de toutes eſpéces, & des proportions qu'on doit donner à chacune de leurs parties. Il décrit les machines dont on ſe ſert, ſoit pour enfoncer les pieux, ſoit pour les arracher. Il entre après cela dans les détails

néceſſaires ſur la maniere de fonder les écluſes en bon ou en mauvais terrein, ſur la conſtruction de leurs radiers, ſoit en charpente, ſoit en pierres de tailles, ſur celle de leurs faux radiers, & de leurs bajoyers de maçonnerie. Sur la conſtruction des quais de maçonnerie, & de ceux de charpente : ſur celle des portes propres aux écluſes de toutes grandeurs : avec un devis circonſtancié pour la conſtruction d'une écluſe, & le toiſé des différens ouvrages qui appartiennent à cette ſorte d'édifice. M. *Belidor* fait enſuite la deſcription des plus belles écluſes exécutées, ſoit en France, ſoit en Hollande & dans les Pays-Bas, tant de celles qui ſont à l'uſage de la Marine, que celles qui ſont propres au ſervice des Places de Guerre. Il donne le détail de tous les travaux qui appartiennent à une place maritime. On y trouve des recherches hiſtoriques ſur les Ports de Mer les plus célèbres de l'Antiquité, comparés avec les plus beaux Ports modernes, pour faire voir les progrès que cette partie de l'Architecture Hydraulique a faite juſqu'à préſent. Il traite de la conſtruction des jettées de faſcinage & de celles qui ſe font en charpente & en maçonnerie, des forts de charpente, des riſbans, des fanaux, des formes & baſſins, & généralement de tous les ouvrages qui ſe conſtruiſent dans l'eau. Enfin, après avoir donné en abrégé l'hiſtoire des plus fameux Canaux de l'Antiquité, & celle des principaux qui ont été exé-

cutés ou projettés de nos jours ; il traite de la maniere de rendre les Rivieres navigables, de la conſtruction des Ponts de maçonnerie, & des Canaux de toute eſpéce, tant de ceux qui ſont propres à faciliter la navigation des Rivieres, que de ceux que l'on conſtruit pour arroſer un terrein trop aride, ou pour deſſécher un Pays inondé. Cette ſeconde partie de l'*Architecture Hydraulique*, de M. *Belidor*, eſt d'autant plus intéreſſante, que le ſujet en eſt preſqu'entiérement neuf, & que c'eſt le fruit de trente années du travail opiniâtre d'un Auteur auſſi laborieux qu'intelligent dans ces matieres, dont il s'eſt occupé pendant une grande partie de ſa vie : auſſi cet Ouvrage a-t-il été reçu du Public avec tout l'empreſſement qu'il méritoit ; enſorte qu'à peine le nombre des exemplaires qu'on en avoit tirés, a-t-il pû ſuffire pour les Souſcripteurs.

Tant de travaux, capables d'occuper entiérement un homme aſſez laborieux, ne prenoient cependant rien ſur le Service que M. *Belidor* devoit à ſon Ecole d'Artillerie. Il s'en acquittoit toujours comme s'il n'eut point eû d'autres occupations. Il y a plus ; il faiſoit alors des expériences ſur les effets de la poudre dans les Mines, qui ſervirent de baſe à la belle Théorie qu'il en a donnée, de laquelle nous aurons bientôt occaſion de parler. Il en faiſoit auſſi ſur la charge la plus avantageuſe qu'on puiſſe donner aux piéces d'Artillerie, pour leur faire produire le plus

grand effet poſſible. Il ſemble au premier coup d'œil qu'il ne peut y avoir de queſtion ſur ce ſujet; & que plus la charge que peut porter une piéce, eſt forte, plus auſſi la portée du boulet doit être grande. On ſe tromperoit, cependant, beaucoup en ſuivant ce principe, en apparence, ſi naturel. Le boulet n'eſt chaſſé que par la partie de la poudre qui s'enflamme avant qu'il ſoit ſorti de la piéce : tout ce qui brûle en-dehors, ou tout ce qui ſort de la piéce ſans ſe brûler, n'influe, ni ſur ſa force, ni ſur ſa vîteſſe. Il y a donc un *maximum* de poudre au-delà duquel tout ce qu'on employe eſt en pure perte, & c'étoit ce *maximum* que cherchoit M. *Belidor*. Il crut pouvoir conclure de ſes expériences, qu'en ſuivant la pratique ordinaire & celle qu'on trouve dans les écrits de tous ceux qui ont travaillé ſur cette matiere, on brûloit inutilement près de la moitié de la poudre qu'on y employoit. Mais cette découverte, qui ne meritoit que des éloges, quand même elle n'auroit pû avoir lieu que dans certains cas, lui fut conteſtée, & lui attira la plus terrible tempête qu'il ait eſſuyée de ſa vie : les choſes furent pouſſées ſi loin, qu'on lui ôta la place de Profeſſeur à la Fére; place à laquelle il faiſoit tant d'honneur, par ſa grande capacité & par l'aſſiduité avec laquelle il l'exerçoit depuis ſi long-tems!

A tout cela, M. *Belidor* n'oppoſa que la patience & la tranquillité d'une belle ame : obligé

par ſes Protecteurs de répondre aux écrits injurieux qui furent publiés alors contre lui, il le fit avec tant de modération, que ſa réponſe peut ſervir à jamais de modéle à tous ceux qui auroient le malheur de ſe trouver dans de pareilles circonſtances. Auſſi-tôt qu'on fut informé de ce qui lui étoit arrivé, il reçut de la part de pluſieurs Puiſſances Etrangeres les invitations les plus preſſantes, avec des promeſſes magnifiques, capables d'engager tout autre que lui, à paſſer à leur ſervice. M. *Belidor* étoit trop fidéle à ſon Roi & trop attaché à ſa Patrie, pour ſe rendre à ces invitations : il laiſſa le ſoin au tems & à la vérité de diſſiper les nuages qui l'environnoient, & il en attendit l'événement avec une patience vraiment philoſophique.

Ce tems ne fut pas bien long : dès 1742, M. de *Belle-Iſle* lui fit quitter le Corps de l'Artillerie, pour paſſer en qualité de Capitaine réformé à la ſuite de la Ville de Metz. Il ſervit en qualité d'Aide-de-Camp ſous M. *de Segur*, Lieutenant-Général, en Baviere & en Bohême, & il y fut fait priſonnier de Guerre, avec la Garniſon de Lintz. Sa priſon ne fut pas de longue durée, car ayant été échangé au bout de deux mois, il ſervit encore avec la même qualité d'Aide-de-Camp, en Baviere, ſous les ordres de M. *le Duc d'Harcourt*. Ce fut à peu près vers ce tems-là que le Roi lui accorda le grade de Lieutenant Colonel, & le fit Chevalier de l'Ordre de Saint Louis.

Il fit les deux Campagnes de 1744 & de 1746, ſous les ordres de Monſeigneur *le Prince de Conti*. La premiere fut en Italie, où ſon habileté le mit à portée de rendre un ſervice trop conſidérable, pour être paſſé ſous ſilence.

Le Château de Demont eſt ſitué ſur un roc, placé au milieu de la Vallée de Sture. Le Roi de Sardaigne, qui connoiſſoit l'importance de ce poſte, n'avoit rien négligé pour le mettre en état de faire une vigoureuſe réſiſtance. Il avoit dépenſé plus de neuf millions pour l'environner de trois enceintes, qu'il falloit aſſiéger & forcer l'une après l'autre, & qui communiquoient entr'elles par des voûtes profondément taillées dans le roc. Le tout étoit garni de ſouterreins ſervant de Magazins, de Caves, de Citernes, de Puits, &c. La Place regorgeoit d'ailleurs de munitions de toutes eſpéces.

Tel étoit l'état de cette redoutable Fortereſſe, lorſque M. *le Prince de Conti* l'emporta vers la fin de la Campagne de 1744. Voulant ſe conſerver une entrée en Piedmont pour la Campagne ſuivante, il reſolut de détruire ce Château, qu'il eût été fort difficile de garder pendant l'hyver. Mais en y procédant à la maniere ordinaire, il auroit fallu ſix mois pour en raſer toutes les Fortifications. M. *Belidor* oſa imaginer de les démolir en ſix heures, en profitant de toutes les voûtes & de tous les ſouterreins, pour s'en ſervir comme de fourneaux; il ne falloit plus y en ajouter

qu'un petit nombre pour en faire ſauter toutes les Fortifications. Il propoſa ce projet au Prince, qui l'agréa, & y fit travailler dès l'inſtant avec la plus grande vivacité. Tout étant préparé, on chargea tous les fourneaux de ſept cent milliers de poudre, qu'on avoit trouvés dans la Place. Tout ce qu'on vouloit conſerver d'Artillerie & d'autres effets ayant été enlevé; l'Armée ſe mit en marche, & peu après on entendit ſauter, avec un fracas effroyable, non-ſeulement le Château avec toutes ſes Fortifications, mais encore le rocher qui le ſoutenoit, & cela preſque à la vûe de l'Armée ennemie, qui n'en étoit guères qu'à une lieue, enſorte qu'elle dût en entendre le bruit & en reſſentir l'ébranlement. On peut juger de l'importance de ce ſervice, par la difficulté qu'on auroit trouvée à faire la démolition lente & pénible de cette Place, en préſence d'une Armée qui avoit le plus vif intérêt à s'y oppoſer.

L'année ſuivante, M. *le Prince de Conti* prit le Commandement de l'Armée de Flandres, & forma le Siége de Charleroy. Cette Place étoit en état de faire une longue réſiſtance, & l'on avoit lieu de craindre qu'elle ne fût ſecourue. M. *Belidor* forma le projet d'employer en quelque ſorte les mines de Demont, pour accélérer la reddition de Charleroy. Il ſçut qu'un Curé des environs de la Place y avoit preſque toute ſa famille: il lia commerce avec lui pendant les premiers jours du Siége, & lorſqu'il crut avoir ſuf-

fiſamment gagné ſa confiance, il lui dit, en grand ſecret, d'engager ſes parens à ſortir de la Ville, parce que M. *le Prince de Conti* ſe préparoit à y faire la même opération qu'à Demont, en profitant des houlieres, ou carrieres de charbon de terre, (qui vont effectivement ſous une partie de la Ville) pour la faire ſauter. Malgré l'inviolabilité du ſecret promis par le Curé, ſur lequel cependant M. *Belidor* ne comptoit guères, la nouvelle ne tarda à ſe repandre dans Charleroy, qu'autant de tems qu'il en fallut pour l'y faire parvenir. L'allarme y fut d'autant plus vive, que le Prince, avec lequel M. *Belidor* avoit concerté ce ſtratagême, le ſeconda merveilleuſement, en faiſant marcher vers l'embouchure de ces houlieres quantité de Chariots couverts, qui firent croire aux Habitans qu'on y menoit déja la poudre dont on vouloit les charger. Ils en furent ſi effrayés, qu'ils contraignirent le Gouverneur à capituler beaucoup plutôt qu'il ne l'auroit fait, & dans le tems que l'Armée ennemie qui venoit à leur ſecours étoit ſur le point d'arriver.

Ce ſervice important fut récompenſé du Brevet de Colonel, qu'il reçut le 3 Novembre 1747, & il ſervit en cette qualité la Campagne ſuivante, ſous les ordres de M. le Maréchal *de Belle-Iſle*.

La Paix qui ſuivit cette derniere Campagne, rendit M. *Belidor* à lui-même, ou plutôt à ſon Cabinet & au Public, qui déſiroit avec impatience la ſeconde partie de ſon *Architecture Hy-*

draulique. Car au milieu même des occupations les plus tumultueuſes, il ne ſe perdoit jamais de vûe, & conſervoit toujours ſon aſſiéte naturelle. Il profita donc de ce loiſir pour mettre la derniere main à cet Ouvrage, dont les deux derniers Volumes, qui forment cette ſeconde partie, parurent, comme nous avons dit, l'un en 1750, & l'autre en 1753.

Il étoit depuis long-tems Correſpondant de l'Académie des Sciences : cette Illuſtre Compagnie l'eſtimoit beaucoup, & déſiroit autant de ſe l'acquérir, que lui d'y être admis. Mais ſon état ne lui permettoit de penſer qu'à une place d'Aſſocié libre, & il falloit attendre qu'une de celles de cette eſpéce, qui ſont en petit nombre, vînt à vaquer : l'occaſion s'en préſenta à la fin, & il fut admis en cette qualité dans l'Académie, le 31 Mars 1756, à la place de M. le Marquis *de la Galiſſonniere*, Lieutenant Général des Armées Navales, &c.

Il donna preſqu'auſſi-tôt à l'Académie tout le détail du *Globe de Compreſſion* : principe inconteſtablement prouvé par quantité d'expériences, & ſur lequel eſt appuyée toute ſa Théorie des Mines.

On étoit communément perſuadé que dès l'inſtant qu'une mine avoit pris feu, elle ſondoit, pour ainſi dire, le terrein, pour n'agir que ſuivant la ligne de moindre réſiſtance. De ce principe, on concluoit qu'une trop grande charge

dans une mine rendoit l'entonnoir preſque cylindrique, & que l'effort de la poudre s'exerçoit alors preſqu'entiérement vers le Ciel. Les expériences de M. *Belidor* ont fait voir évidemment que l'effort de la poudre s'exerce en tout ſens dans l'étendue d'une Sphere, qu'il nomme *Globe de Compreſſion*, dont le fourneau eſt à peu près le centre, & dont le rayon eſt déterminé, non par la ligne de moindre réſiſtance, mais par la quantité de poudre dont la mine eſt chargée; & qu'enfin plus la charge eſt grande, plus l'entonnoir eſt évaſé.

De-là M. *Belidor* tire un moyen facile de s'ouvrir une entrée dans les contremines des Places de Guerre, en faiſant jouer quelques fourneaux dans leur voiſinage, & de ſe préparer, en les faiſant ſauter, des tranchées commodes qui établiſſent preſque ſans aucun riſque, l'aſſiégeant ſur la crête du chemin couvert: épargnant par cet ingénieux moyen l'opération la plus meurtriere d'un Siége.

Cette diſſertation étoit la baſe d'un Ouvrage plus étendu, qu'il avoit compoſé *ſur la Guerre ſouterreine;* & il eſt facile de juger par ce que nous venons d'en expoſer, combien cet Ouvrage doit contenir de nouveautés intéreſſantes; M. *Belidor* l'avoit déja annoncé & promis au Public dès l'année 1750, dans un Avertiſſement placé à la fin de la Préface du premier Volume de la ſeconde partie de ſon *Architecture Hydraulique*, ſous

le titre de *Traité des effets de la poudre dans le Canon, les Bombes & les Mines, fondé ſur un grand nombre d'épreuves appliquées aux opérations les plus eſſentielles de la Guerre.*

En 1755, il parut encore un petit Ouvrage de M. *Belidor*, qui fut imprimé à Paris; il eſt intitulé *Dictionnaire portatif de l'Ingénieur*, où l'on explique les principaux termes des ſciences néceſſaires à un Ingénieur. A la fin de l'Avertiſſement qui eſt à la tête de ce petit Dictionnaire, M. *Belidor* annonça un Ouvrage très-conſidérable ſur la Fortification, auquel il travailloit depuis 1720. Il devoit former deux Volumes *in-quarto*, diviſés en quatre Livres. Le premier devoit contenir tout ce qu'on peut dire de plus intéreſſant ſur *la Fortification*, relativement au ſervice de l'Infanterie & à celui de l'Artillerie. Le ſecond regardoit particuliérement *l'Attaque & la Défenſe des Places*. Le troiſiéme étoit un *Traité complet d'Artillerie*, eu égard à ſes différentes manœuvres & à ſes effets. Le quatriéme, enfin, développoit toutes les ruſes *de la Guerre ſouterreine*, & le meilleur uſage qu'on y peut faire *des Mines & des Contremines*. C'eſt dommage qu'un Ouvrage ſi intéreſſant n'ait pû être imprimé du vivant de ſon Auteur: il étoit rempli de quantité de nouvelles vûes extrêmement utiles, & d'autant plus curieuſes, que c'étoit le fruit d'une expérience conſommée dans cette partie de la Guerre, & le réſultat de plu-

ſieurs circonſtances uniques dans leſquelles il s'étoit trouvé. M. *Belidor* étoit ſur le point d'en publier un *Proſpectus* détaillé, lorſque la mort a ſurpris ce laborieux Auteur au milieu de ſes travaux. Les Manuſcripts & les Deſſeins ſe ſont trouvés complets à ſa mort; mais le Miniſtere, qui s'eſt emparé de tous ſes papiers, n'a pas jugé à propos de laiſſer imprimer cet important Ouvrage.

Le titre d'Académiciens que M. *Belidor* avoit acquis en 1756, fut comme le prélude de pluſieurs autres Dignités plus conſidérables dont il fut revêtu en très-peu de tems. En 1758, il fut nommé Inſpecteur de l'Arſenal de Paris: & dans le courant de 1759, il fut fait ſucceſſivement Brigadier des Armées du Roi, & Inſpecteur Général des Mineurs de France.

Ces Poſtes & les appointemens conſidérables qui y étoient attachés, joints aux bienfaits du Roi & aux Penſions dont il jouiſſoit déja, lui procurerent une eſpéce d'opulence. Nous diſons une eſpéce; car on conçoit bien que cette opulence étoit celle d'un Philoſophe: il ſongea auſſitôt à en faire le plus digne uſage. Il avoit conſervé, pour M. *de Foſſiébourg* & pour toute ſa famille l'attachement le plus ſincere, & la plus vive reconnoiſſance. Il voulut faire partager à Mademoiſelle *de Foſſiébourg*, pour laquelle il avoit eu de tout tems la plus tendre eſtime, une fortune qu'il devoit en grande partie à la généro-

ſité

ſité de ſon Pere ; il lui propoſa de reſſerrer par un mariage, les liens de leur ancienne amitié ; & il l'épouſa en 1759.

Les travaux continuels de M. *Belidor* avoient extrêmement altéré ſon tempérament : il avoit même eu déja quelques attaques d'apoplexie, deſquelles il s'étoit tiré heureuſement, mais qui l'avoient conſidérablement affoibli. Il voulut, malgré les inſtances de ſon épouſe & de ſes amis, faire en 1761, un voyage à Verdun, comme l'exigeoit ſa place d'Inſpecteur des Mineurs, qui étoient en réſidence dans cette Ville : il uſa même de ſupercherie pour les tromper en cette occaſion, & il partit à leur inſçû. Son voyage ne fut pas de longue durée : on le ramena à Paris preſque mourant ; il ne vecut en effet que trois jours après ſon arrivée, & mourut le 8 Septembre 1761, âgé de ſoixante-trois ou ſoixante-quatre ans. La même piété qui l'avoit accompagné toute ſa vie, couronna ſes derniers momens.

M. *Belidor* étoit de taille moyenne, & aſſez bien fait : ſa phyſionomie annonçoit au premier coup d'œil la douceur de ſon caractere. Sa converſation étoit amuſante, il répandoit ſur tout ce qui en étoit l'objet, la netteté & la juſteſſe de ſon eſprit. Sa maniere de raconter étoit naïve, & peignoit exactement ce qu'il vouloit repréſenter. Rien n'égaloit ſon attachement pour ſes amis. Le plus grand plaiſir qu'ils puſſent lui procurer, étoit quelqu'occaſion de leur rendre ſervice ; il

la saisissoit avec avidité, & n'épargnoit rien pour réussir dans ce qu'il entreprenoit en leur faveur. Il n'étoit pas même toujours nécessaire d'être de ses amis pour éprouver la bonté de son cœur; & nous pourrions citer plusieurs traits de sa générosité, qu'il vaut mieux laisser à la reconnoissance de ceux qui les ont éprouvés. Il portoit cette vertu jusqu'au point d'acheter à ses frais le congé de plusieurs Soldats, dès qu'il leur trouvoit des dispositions à l'étude des Sciences Militaires. Il les instruisoit lui-même, & se croyoit bien payé de la dépense qu'il avoit faite, & de la peine qu'il s'étoit donnée, quand il pouvoit réussir à former des hommes à l'Etat.

Sa conduite & ses mœurs ont toujours été irréprochables: jamais il n'a donné dans aucun écart, ni en d'autre passion que celle de l'étude. Enfin, si une vie employée toute entiere au service de son Roi & de sa Patrie, mérite l'estime & les éloges du Public; nous osons assurer que jamais personne n'y a eu plus de droit que M. *Belidor*.

Sa Place d'Associé Libre de l'Académie, a été remplie par M. *de Valliere*, Lieutenant Général des Armées du Roi, Directeur Général de l'Artillerie & du Génie, Gouverneur de Bergues-Saint-Vinox, & Honoraire de l'Académie Royale de Marine.

OUVRAGES
DE M. BELIDOR,

Qui ſe trouvent à Paris, chez Charles-Antoine JOMBERT, *Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, rue Dauphine, à l'Image Notre-Dame.*

NOUVEAU Cours de Mathematique à l'uſage de l'Artillerie & du Génie, où l'on applique les parties les plus utiles de cette ſcience à la Théorie & à la Pratique des différens ſujets qui peuvent avoir rapport à la Guerre. *In-quarto*, nouvelle édition, corrigée & augmentée conſidérablement, 1757. 15 l.

Le même Ouvrage, en grand papier, 24 l.

Le Bombardier François, ou Nouvelle Méthode pour jetter les Bombes avec préciſion : on y a joint un Traité des Feux d'Artifice. *In-quarto*, de l'Imprimerie Royale, 15 l.

Le même Ouvrage, en grand papier, 24 l.

Abrégé du même Ouvrage, à l'uſage des Bombardiers. *In-douze*. 4 l.

La Science des Ingénieurs dans la conduite des travaux de Fortification & d'Architecture Civile, où l'on traite de la pouſſée des terres contre les revêtemens : de la Mécanique des Voûtes : de la Conſtruction & de l'emploi des Matériaux : des Edifices particuliers, relatifs à une Place de Guerre : des cinq Ordres d'Architecture : des Devis des bâtimens Militaires & Civils. *In-quarto*, grand papier, avec plus de 50 Planches, 24 l.

Architecture Hydraulique, *premiere partie*, qui contient l'art de conduire, d'élever & de diriger les eaux pour tous les beſoins de la vie. En deux volumes *in-quarto*, grand papier, enrichis de 100 Planches, 40 l.

Architecture Hydraulique, *ſeconde partie*, qui comprend l'art de diriger les eaux de la Mer & des Rivieres, à l'avantage de la défenſe des Places, du Commerce & de l'Agriculture. En deux Volumes *in-quarto*, grand papier, avec 120 Planches, 50 l.

Dictionnaire portatif de l'Ingénieur, où l'on explique les principaux termes des ſciences néceſſaires à un Ingénieur. *In-octavo*, 1755, 3 l. 12 ſ.

Œuvres diverſes de M. Belidor, concernant l'Artillerie & le Génie. *In-octavo*, avec Figures, Amſterdam, nouvelle édition, augmentée de la vie de l'Auteur, 1764, 6 l.

TABLE
DES MÉMOIRES
Contenus dans ce Recueil.

ELOGE de M. BELIDOR, Page vij
Reflexions générales ſur toutes les parties de la Fortification, 1
CHAPITRE PREMIER. *Des principales lignes de la Fortification,* ibid.
CHAP. II. *Des angles de la Fortification.* 5
CHAP. III. *De la gorge,* 8
CHAP. IV. *Du flanc,* 9
CHAP. V. *Des orillons & des caſemattes;* 16
CHAP. VI. *De la ligne de défenſe,* 19
CHAP. VII. *De la courtine & de la face.* 21
CHAP. VIII. *De l'angle flanqué, ou de la pointe du baſtion,* 23
CHAP. IX. *Des remparts,* 26
CHAP. X. *Des parapets,* 29
CHAP. XI. *Des murailles ou revêtemens;* 33
CHAP. XII. *Des baſtions,* 35
CHAP. XIII. *De la fauſſe-braye;* 39
CHAP. XIV. *Des tenailles,* 40
CHAP. XV. *Du foſſé,* 42
CHAP. XVI. *Des dehors,* 52
Maximes générales ſur la Fortification; 59
Maniere de tracer les Fortifications ſur le terrein, 68
Autre maniere de les tracer, en ſe ſervant de la planchette, 79

Maniere de dégorger les embrâſures des batteries de Canons, 71
Mémoire ſur la longueur que doivent avoir les Piéces de Canons, relativement à leur calibre, 74
Traité des Mines & des Contre-mines, 94
Ire PARTIE. *Abrégé de la pratique des Mines, du tems de M. de* Vauban, 99
IIde PART. *Maniere dont on exécute les Mines préſentement*, 113
IIIme PART. *Des Contre-mines*, 131
Table pour la charge des Mines, ſelon M. de Vauban, 154
Uſage de la Table précédente, 156
Nouvelle Table pour la charge des Mines, par M. de Valliere, 162
Application de la Trigonométrie à la conduite des galeries des mines, 163
Application de la Géométrie aux mines, 168
Mémoire ſur la charge qu'il convient de donner aux fourneaux des mines, 175
Eſſai d'une nouvelle Théorie ſur la Poudre à Canon, 192
Nouvelle Théorie du jet des Bombes, 238
Obſervations ſur les Tables des anciens Bombardiers, 269
Sur les propriétés des différentes chambres des mortiers, 281
Sur la plus grande portée des mortiers, 287
Sur les bombes, 294
Sur la maniere de charger le mortier, 295
Sur la maniere de pointer le mortier, 297
Sur le coup d'épreuve, 301
Sur le choix de l'élévation du mortier, 304
Sur la maniere de jetter les bombes dans les en-

droits qui ſont plus élevés, ou plus bas que la batterie, 305
Sur les platte-formes des batteries, 307
Sur les différences que le changement de la poudre & celui de l'air peuvent cauſer dans les portées, 309
Sur la combinaiſon des principales cauſes de la différence des portées. 311
Sur la maniere de tirer les bombes à ricochet, 312
Table des épreuves faite ſur les bombes tirées à ricochet, 319
Nouvelle Théorie ſur la ſcience des Mines propres à la Guerre, &c. 320
Relation des épreuves faites à Biſy, *ſur les Mines, relativement à l'attaque & à la défenſe des Places,* 370

REFEXIONS

RÉFLEXIONS GÉNÉRALES

Sur toutes les parties de la fortification,

Par M. BELIDOR.

ON ne peut bien juger de la bonté ou des défauts d'une fortification, ſans connoître l'uſage de chacune de ſes parties, ainſi que les perfections & les imperfections dont elles ſont ſuſceptibles; c'eſt ce que nous allons examiner dans le diſcours ſuivant.

CHAPITRE PREMIER.

Des principales lignes de la fortification.

LES parties de la fortification ont un tel rapport entr'elles, qu'on ne peut avantager l'une ſans cauſer quelqu'inconvénient à l'autre; car ſi l'on veut, par exemple, aggrandir les demi-gorges, il faut faire les flancs plus petits & di-

minuer auſſi le ſecond flanc, ou bien ce ſera une néceſſité de faire le baſtion fort aigu, & en même-tems d'alonger la ligne de défenſe.

Si l'on veut augmenter le flanc, il faudra diminuer ou la demi-gorge, ou le ſecond flanc, ou faire langle flanqué plus aigu, & la ligne de défenſe plus longue.

Si pareillement on veut faire un ſecond flanc lorſqu'il n'y en a point, ou l'augmenter lorſqu'il y en a; on ne le ſçauroit faire ſans diminuer les flancs ou la demi-gorge, ou ſans allonger la ligne de défenſe & rendre le baſtion plus aigu; d'ailleurs un ſecond flanc trop grand apporte encore des incommodités très-conſidérables, que je ferai remarquer dans la ſuite.

Si au contraire on veut diminuer l'une ou l'autre de ces parties, on la rend défectueuſe, & l'on en peut même incommoder les autres; car ſi l'on veut diminuer la demi-gorge, on ne trouvera plus d'eſpace pour des caſemates, ſi l'on en veut faire, les baſtions ſeront fort petits & de peu de reſiſtance, on n'y pourra loger que peu de ſoldats, & il n'y aura pas de lieu pour faire des retranchemens: outre que ſi la ligne de dé-

fenſe étoit d'une juſte longueur, on la rendroit trop longue en diminuant les gorges ; ou bien il ſera néceſſaire d'approcher les baſtions, & par conſéquent d'en faire un plus grand nombre pour fortifier un même eſpace, ce qui augmentera la dépenſe.

Si l'on diminue les flancs & qu'on les rende trop petits, les faces ne ſeront pas bien flanquées, parce qu'on ne pourra mettre dans le flanc que très-peu d'hommes & de canons pour tirer ſur l'ennemi, & l'on n'y ſçauroit faire de caſemates ni d'orillons, car ſi ces derniers étoient trop petits ils ne feroient aucune reſiſtance, ainſi la caſemate où le flanc couvert n'en tireroient aucun ſecours, outre qu'il ſeroit ſi petit qu'à peine pourroit-on y loger deux canons. Cependant un ſeul ne ſuffit pas pour la défenſe, car lorſqu'on l'a tiré, il faut trop de tems pour le recharger & le mettre en batterie, ce qui donne la facilité à l'ennemi d'avancer ſes travaux.

Si l'on veut diminuer ou retrancher tout-à-fait le ſecond flanc, les faces en ſeront moins bien défendues, & le premier flanc découvrira beaucoup moins dans la brêche qui ſera faite aux mêmes faces.

Si l'on retranche le ſecond flanc, en diminuant la courtine, on fait les baſtions plus proches, & par conſéquent il en faut un plus grand nombre.

La grandeur ou la petiteſſe des faces & des courtines ſeroit de peu d'importance, ſi ce n'étoit qu'elles apporteroient quelqu'incommodité aux autres parties: car ſi l'on fait les courtines trop longues, il faut ou diminuer les demi-gorges & rendre les baſtions plus petits en les éloignant, ou allonger la ligne de défenſe; & ſi la courtine eſt trop courte, il faudra un plus grand nombre de baſtions pour enfermer un même eſpace, & augmenter par ce moyen la dépenſe ſans néceſſité; outre qu'on ſe prive du ſecond flanc, qu'on pourroit avoir ſi la courtine étoit plus longue.

Il en eſt de même des faces: ſi elles ſont trop longues, ou elles augmentent les lignes de défenſe, ou elles diminuent les flancs & les courtines, & ſi elles ſont trop courtes, le baſtion ſera ſi petit qu'il ne fera aucune reſiſtance.

La ligne de défenſe ne doit pas être auſſi ni trop longue, ni trop courte: car étant trop longue, la face ſeroit ſans defenſe, parce qu'elle ſeroit hors la portée du mouſquet du flanc, & ſi elle eſt

trop courte il faut un plus grand nombre de baſtions. D'ailleurs, lorſqu'ils ſont ſi proches, ils ne ſe défendent pas bien, à cauſe de l'épaiſſeur du parapet, & de la hauteur du rempart qui empêche de voir le foſſé des parties qui ſont fort voiſines. Lors encore que la ligne de défenſe eſt courte, il faut néceſſairement que les autres parties ſoient auſſi fort petites & ainſi de peu de reſiſtance.

On peut inférer de toutes les réflexions précédentes, que pour rendre une fortification parfaite, il faut trouver un certain milieu qui donne à chaque partie le plus d'avantage qu'il ſe pourra, ſans incommoder les autres. C'eſt pour cette raiſon que je rapporterai dans la ſuite différentes manieres de conſtruire les places, afin de pouvoir juger laquelle de toutes approche le plus de cette perfection.

CHAPITRE II.

Des angles de la fortification.

DANS une place réguliérement fortifiée il y a de deux ſortes d'angles; les angles géométriques, & ceux de la fortification. Les angles géométriques ſont

l'angle du centre, l'angle du poligone, & le demi-angle du poligone.

Ceux de la fortification ſont l'angle flanqué, l'angle flanquant intérieur, l'angle flanquant extérieur, l'angle diminué, l'angle du flanc, & l'angle de l'épaule.

Les angles géométriques ne changent jamais une figure, car leur grandeur eſt bornée & limitée en chaque poligone; mais ceux d'un poligone ſont toujours inégaux, relativement à ceux d'un autre qui a plus ou moins de côtés. On trouve les angles géométriques de chaque figure de cette maniere. Soit diviſé 360 par le nombre des côtés, le quotient donnera l'ouverture de l'angle du centre qui ſera en la figure, ſelon le nombre de côtés qu'elle aura.

EXEMPLE.

4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Côtés.*
90	72	60	$51\frac{3}{7}$	45	40	36	$32\frac{8}{11}$	30	*Angles du centre.*

Et ſi l'on ſouſtrait la valeur de l'angle du centre de 180, il reſtera l'angle du poligone qui ſera en la figure.

4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Côtés.*
90	108	120	$128\frac{4}{7}$	139	140	$144\frac{3}{9}$	$147\frac{3}{9}$	150	*Angles du poligone.*

Si l'on prend la moitié de l'angle du

poligone, on aura le demi-angle du poligone qui ſera en la figure.

4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Côtés.*
45	54	60	64	$67\frac{1}{2}$	70	$72\frac{6}{9}$	$73\frac{7}{11}$	75	*Demi-angles.*

Les angles de la fortification dépendent de la diverſité des conſtructions, ſuivant les ſyſtêmes des différens Auteurs. Les uns font l'angle flanqué droit à l'exagone & aux figures ſuivantes; les autres commencent ſeulement à l'octogone, les autres au décagone.

L'angle du flanc eſt ordinairement droit ſur la courtine. *Errard* le fait aigu, le Comte *de Pagan* le fait obtus; mais dans toutes ces différentes conſtructions, le flanc fait toujours un angle droit, ou avec la courtine, comme en la premiere maniere, ou avec la face, comme en celle d'*Errard*, ou avec la ligne de défenſe prolongée, comme en celle du Comte *de Pagan*.

M. *de Vauban* ne le fait perpendiculaire ni à la courtine, ni à la face, ni à la ligne de défenſe.

L'un des angles de la fortification étant déterminé avec l'angle que fait le flanc ſur l'une des trois lignes précédentes, tous les autres le ſont auſſi; c'eſt

pourquoi l'un étant connu, avec l'angle du flanc, on connoîtra facilement tous les autres.

CHAPITRE III.

De la gorge.

QUOIQU'IL ſemble que la gorge d'un baſtion ne faſſe rien à la face, néanmoins la perfection ou l'imperfection d'une fortification ne laiſſe pas de dépendre de la plus grande ou de la moindre ouverture de la gorge, car c'eſt dans ſon étendue que l'on fait les places hautes, moyennes & baſſes, qui n'auroient pas une grandeur raiſonnable, ſi la gorge étoit trop petite.

Si, par exemple, on prend 20 pieds pour le parapet d'une place baſſe, ſuppoſé qu'on en veuille faire, car elles ne ſont point tout-à-fait à rejetter, & 30 pieds pour ladite place baſſe, autant pour la place moyenne, & ſon parapet, & encore autant pour la place haute, le tout occupera 25 toiſes d'eſpace, tellement que la demi-gorge doit avoir du moins cette grandeur, lorſqu'on voudra faire tous les flancs rédoublés.

Si les demi-gorges étoient encore plus

grandes, & qu'il y reſtât huit ou dix toiſes d'eſpace à chacune, après avoir pris les parties dont je viens de parler, on pourroit l'occuper avec un cavalier qui flanqueroit les deux baſtions voiſins.

Plus les demi-gorges ſont grandes, & plus aiſément on peut faire des rétranchemens & des ſouterrains dans le baſtion. De maniere que l'on peut inférer que pour qu'une demi-gorge ſoit ſans défaut, elle doit avoir au moins 25 toiſes de longueur & plus elle ſera grande, pourvû que les autres parties n'en reçoivent pas d'incommodité, plus elle ſera parfaite; car outre ces avantages, il faudra moins de baſtions pour renfermer un même eſpace & ces baſtions étant plus grands, ils feront plus de reſiſtance, en fourniſſant plus d'eſpace pour y loger des hommes & pour y faire des rétranchemens.

CHAPITRE IV.

Du flanc.

QUOIQUE tout ce qui ſert de défenſe à une place puiſſe être nommé flanc, il n'y a néanmoins que deux parties que l'on appelle ordinairement de ce nom plus proprement que les autres, dont

l'une eſt nommée *premier flanc* ou ſimplement *flanc*, qui eſt la partie joignant le baſtion avec la courtine ; l'autre eſt celle qui ſe prend ſur l'extrêmité de la courtine, d'où l'on peut voir la face du baſtion ; celle-ci eſt appellée *ſecond flanc*.

Le flanc eſt une ligne droite qui, comme j'ai déja dit, ſelon *Errard*, eſt perpendiculaire à la face, & ſelon quelques Italiens & le Comte *de Pagan*, à la ligne de défenſe prolongée.

La premiere de ces conſtructions eſt défectueuſe en ce que faiſant le flanc oblique, elle le diminue non-ſeulement en grandeur, mais encore en défenſe, par ce qu'un même eſpace étant perpendiculaire ou oblique, donne plus ou moins de défenſe, c'eſt-à-dire, tout entiere en la premiere façon, & en la ſeconde plus ou moins, ſelon l'obliquité : c'eſt pourquoi le flanc perpendiculaire à la courtine eſt meilleur que celui qui l'eſt à la face. Le flanc perpendiculaire à la ligne de défenſe, devroit pour cette ſeule raiſon être meilleur que tous les autres ; cependant ſi l'on fait des orillons ſur tous les trois, on trouvera que le flanc d'*Errard* ſera trop couvert, le perpendiculaire à la courtine, un peu trop ouvert, & que celui du Comte *de*

Pagan le ſera trop peu ; de maniere que pour éviter cet inconvenient, M. *de Vauban* ne le fait ni perpendiculaire à la face, ni à la ligne de défenſe, ni à la courtine, mais il a pris un milieu entre ces deux dernieres méthodes qui rend ſon flanc ni plus ni moins ouvert, ni couvert qu'il le doit être, ainſi il eſt à préférer à tous les autres.

Le ſecond flanc ſe fait pour trois raiſons ; 1°. parce que l'on éloigne par ce moyen les baſtions plus que par aucune autre maniere, ſans être obligé de les faire d'exceſſive grandeur ; 2°. parce qu'on gagne une défenſe, qui quoiqu'oblique ne laiſſe pas d'être bonne ; 3°. parce que le flanc découvre mieux la brêche faite dans le baſtion voiſin.

Cette derniere raiſon me paroît la meilleure de toutes, car on défend ſi peu le foſſé, & l'on doit ſi peu épargner la dépenſe quand il s'agit de bien fortifier une place, que ces deux avantages doivent être de peu de conſidération pour le ſecond flanc ; mais lorſqu'il donne moyen d'avoir ſeulement une piéce de canon qui voie la brêche, c'eſt un avantage de très-grande conſéquence, étant très-difficile de ſe loger ſur une brêche vûe du canon de la place.

Lorſqu'il y a un ſecond flanc à une place, on appelle ordinairement le premier flanc *fichant*, & lorſqu'il n'y a point de ſecond flanc, on le nomme *raſant*; car au premier cas, tous les coups tirés du premier flanc, à la face du baſtion ſont fichans; mais au ſecond, les coups tirés de la partie voiſine de l'angle du flanc ne font que raſer la face du baſtion.

C'eſt une grande queſtion que de ſçavoir s'il eſt meilleur de faire le flanc fichant ou de le faire raſant, c'eſt-à-dire, s'il vaut mieux avoir un ſecond flanc ou n'en point avoir. Il y a pluſieurs Auteurs qui n'admettent point de ſecond flanc dans leurs conſtructions : les autres tiennent au contraire pour maxime générale, que plus une face a de ſecond flanc, & meilleur elle eſt.

Mais pour tenir un milieu entre ces différentes opinions, on peut dire qu'une place qui aura un premier flanc de raiſonnable longueur & un ſecond qui ne ſera pas trop grand, ſera très-bien fortifiée; car outre la défenſe du premier flanc elle aura encore celle du ſecond, lequel n'étant pas trop grand, n'apportera aucune incommodité, mais beaucoup d'avantages, puiſque non-ſeulement on y pourra

placer des hommes & des piéces de canons pour la défenſe des faces, mais auſſi y faire des cavaliers, ſi on le juge à propos.

Ceux qui ſoutiennent le ſecond flanc ajoutent à cela que le flanc donne moyen de battre la brêche, d'empêcher le Mineur de s'attacher à la face, parce qu'il ſera vû de plus d'eſpace, de voir en plus d'endroits de la campagne, & de diminuer le nombre des baſtions.

D'autres qui improuven le ſecond flanc, diſent qu'il découvre trop la fortification, qu'il demande une trop grande largeur de rempart, pour que l'on puiſſe faire agir commodément les troupes & l'artillerie qu'on y mettra: que le premier flanc bien occupé, étant plus que ſuffiſant pour défendre le paſſage du foſſé & la face du baſtion, il ne faut point multiplier les êtres ſans néceſſité; que cela oblige de faire les foſſés trop larges, & qu'enfin un feu oblique ne fait pas grand effet.

M. *de Vauban* ſemble être de ce ſentiment, puiſqu'il n'admet point de ſecond flanc, mais il augmente le feu de ſon premier flanc par ſa briſure & par ſa convexité. Je ne prétend pas décider cette queſtion qui a exercé l'eſprit de

tant d'habiles hommes, mais pour donner une juſte meſure à l'un & à l'autre flanc, on peut déterminer celle du premier à 20 ou 25 toiſes, & celle du ſecond au quart ou au tiers de la courtine tout-au-plus.

M. *de Vauban* gagnant par ſa méthode l'avantage du ſecond flanc ſans en avoir les inconvéniens, il ſemble qu'on ne doit pas l'admettre, pour éviter ſes déſavantages.

Quoi qu'il en ſoit, ſi l'on fait le premier flanc plus grand que 25 ou 26 toiſes, on tombe dans quelques-uns des défauts que j'ai remarqué au Chapitre premier. D'ailleurs il faudroit faire la largeur du foſſé exceſſive devant la courtine, de maniere que la dépenſe en ſeroit trop grande, & bien ſouvent on ne ſauroit où placer la terre qu'il en faudroit tirer. Tellement que ſi ſans incommodité, on doit ou l'on peut aggrandir le flanc ou la demi-gorge, comme il arrive aux baſtions que l'on fait ſur un angle fort ouvert ou ſur une ligne droite, il vaut mieux que ce ſoit la demi-gorge, parce qu'il n'en arrive aucune incommodité, mais bien les avantages que j'ai remarqué au Chapitre précédent.

Si l'on fait auſſi le ſecond flanc plus

grand que le quart ou le tiers de la courtine, on tombe dans un grand inconvénient ; car la contreſcarpe étant menée parallèlement à la face, ou à-peu-près, & ſon prolongement à la face venant tomber dans la courtine, elle ſeroit tout-à-fait hors de la vûe du flanc, & couvriroit même par ſa hauteur le fond du foſſé qui eſt devant la face du baſtion. Cet inconvénient ſeroit d'autant plus grand, que le foſſé étant plus profond, l'ennemi pourroit le traverſer ſans appréhender les coups tirés du premier flanc, lequel par conſéquent demeureroit inutile, & l'on ſeroit privé de la meilleure & principale partie de ſa défenſe. Qu'on ne m'objecte pas que le premier flanc pourra ſervir pour tirer ſur l'ennemi dans la campagne ; car c'eſt un abus, cela ſe fait plus avantageuſement des faces & des courtines. L'uſage du premier flanc, eſt de tirer ſur la brêche, lorſque l'ennemi veut s'y loger, mais il vaut mieux l'empêcher d'approcher du baſtion pour faire la brêche, que d'attendre à l'incommoder, lorſqu'il y voudra faire ſon logement ; outre que ſi le pied du baſtion n'étoit pas vû du premier flanc, ce qui peut arriver lorſque le foſſé ſera trop profond, l'ennemi s'y pourroit loger en ſûreté, n'ayant

à craindre que les coups du ſecond flanc, qui eſt facilement ruiné parce qu'il eſt découvert de la campagne.

CHAPITRE V.

Des orillons & des caſemates.

COMME la principale défenſe d'une place conſiſte dans le flanc, les Italiens & pluſieurs Auteurs l'ont toujours couvert d'une avance, qu'ils ont nommée *épaule*, lorſqu'ils l'ont faite quarrée; & *orillon*, lorſqu'ils l'ont faite ronde. La maniere ordinaire de la faire, eſt de prendre la moitié ou le tiers du flanc pour la largeur & la hauteur de l'orillon, laiſſant l'autre moitié ou les deux autres tiers, que l'on nomme *flanc couvert*, pour l'uſage de l'artillerie, & il y en doit avoir au moins deux piéces.

Le flanc couvert étoit anciennement diviſé en deux places, haute & baſſe, poſées l'une ſur l'autre; de ſorte que la baſſe étoit voûtée, & on la nommoit *caſemate*; mais parce que la ruine de l'une entraînoit celle de l'autre, on fit enſuite la haute en rétraite, comme par degrés : la profondeur de ces places étoit

étoit telle, que le canon y fît ſon récul aiſément.

En quelques places il y a haut, moyen, & bas flanc, comme j'ai fait voir au Chapitre précédent; le bas ſert à nettoyer le fond du foſſé quand il eſt ſec; le moyen, la face & la contreſcarpe; & le haut, à commander ſur le glacis & le terrein de la campagne.

La plûpart des Auteurs Hollandois rejettent les orillons & les caſemates, mais ſans aucune raiſon, ſi ce n'eſt que la plus grande partie de leurs places étant de terre, l'orillon ne ſubſiſteroit pas long-tems, ou bien il lui faudroit donner un ſi grand talud, que tout l'eſpace de la place baſſe en ſeroit occupé.

L'orillon mettant à couvert une piéce de canon au moins, empêche que l'ennemi n'en puiſſe loger une grande quantité ſur le bord de la contreſcarpe pour battre le flanc, tellement que les aſſiégés peuvent auſſi aiſément démonter le canon des aſſiégeans, que ceux-ci démonter celui de la place; & c'eſt en quoi conſiſte la principale partie de la défenſe; car ſi ceux qui attaquent ne peuvent pas rendre les canons des flancs inutiles, ils ne peuvent jamais prendre la place, parce qu'il eſt impoſſible de ſe

loger ſur une brêche, quand une piéce de canon ſeulement la voit de revers. Ainſi l'on peut conclure que les meilleures places ſont celles qui ont des orillons & même des caſemates, de telle maniere qu'on les faſſe, puiſque les flancs étant les parties qui donnent le plus de défénſe, on ne ſauroit trop les multiplier.

Les caſemates ou flancs des tours baſtionnées de M. *de Vauban*, font bien voir qu'il approuve cette opinion, quoiqu'en elle-même elle ſe puiſſe improuver, à moins que la caſemate ne ſoit à l'épreuve de la bombe, car autrement, elles ont de grandes incommodités, par rapport aux bombes qui y font un déſordre terrible, en ébranlant trop le revêtement & empêchant les troupes d'y pouvoir tenir.

D'ailleurs quand elles ſont couvertes, il eſt mal aiſé d'y faire le ſervice du canon, à cauſe de la fumée; & ſi elles ne ſont pas couvertes, les bombes ont bientôt démonté les batteries qui y ſont, & fait déſerter les troupes qui les défendent.

CHAPITRE VI.

De la ligne de défenſe.

La ligne de défenſe eſt celle qui eſt tirée de l'extrêmité de la courtine juſqu'à la pointe du baſtion oppoſé. Il y a eû des perſonnes qui l'ont voulue à la portée du canon, mais la plus commune & ſaine opinion, eſt celle de ceux qui la mettent à la portée du mouſquet.

Les premiers avoient pour raiſon l'épargne de la conſtruction & de la garde, mais c'étoit cependant augmenter de beaucoup la dépenſe ; car pour ſe défendre avec le canon, il en faut une grande quantité & par conſéquent beaucoup de ſoldats pour le ſervir. D'ailleurs ſon feu n'eſt pas ſi continuel que celui du mouſquet, & s'il reçoit le moindre dommage ou en ſon corps, ou ſon affût, il ne peut être rétabli auſſi promptement que le mouſquet.

Le canon même ne ſe peut mettre par-tout comme le mouſquet. Il faut que ſon lit ſoit uni pour le récul, & quand les parapets qui le couvrent ſont une

fois ruinés, on ne ſauroit plus loger de canon, quoique l'on puiſſe toujours placer quelques mouſquetaires derriere le peu de terre qui reſte du débris du parapet.

Ceux de la ſeconde opinion, tiennent que ce qui eſt défendu avec deux armes, l'eſt mieux que ce qui n'eſt défendu qu'avec une; c'eſt pourquoi les places dont la défenſe eſt à la portée du mouſquet, ſe ſervent utilement des unes & des autres armes, les employant ſelon l'uſage & le beſoin.

La place du canon la plus propre eſt le flanc couvert, quoique, ſelon l'occurrence, il puiſſe être mis dans tous les lieux où on le peut couvrir.

La place du mouſquet eſt par-tout, mais pour la défenſe du baſtion, ſon lieu principal eſt le ſecond flanc quand il y en a, & la partie du premier flanc qui n'eſt pas occupée par le canon.

Stevin fait la ligne de défenſe d'environ 1000 pieds, *Errard* de 120 toiſes, pour le mouſquet, & 100 pour l'arquebuſe, *Marolois* & *Fritach* la font de 60 verges ou 120 toiſes, *de Ville* de 180 pas géométriques, car il veut que l'on ait dans les places des mouſquets à croc plus grands que les ordinaires.

Mais afin de ſe pouvoir ſervir de

toutes ſortes d'armes, tant grandes que petites, comme mouſquets, arquebuſes, fuſils, &c. il vaut mieux faire la ligne de défenſe de 120 ou de 130 toiſes de longueur, pour pouvoir atteindre de toutes les armes juſqu'à la pointe du baſtion & à celle de la contreſcarpe voiſine. Je doute que cela puiſſe arriver lorſque M. *de Vauban* la pouſſe juſqu'à 150 toiſes, quoiqu'il la racourciſſe par des tenailles, dont le feu ne commande pas aſſez le chemin couvert.

CHAPITRE VII.

De la courtine & de la face.

LORSQUE les trois parties dont je viens de parler, la gorge, le flanc, & la ligne de défenſe auront leur juſte grandeur, il importe fort peu de quelle longueur on faſſe les courtines & les faces; car de la bonté de ces trois précédentes s'enſuit celle de ces deux-ci.

On dira peut-être que la face étant la partie attaquée, elle doit être de la moindre étendue que l'on pourra, afin de donner moins de priſe à l'ennemi, mais pourvû qu'elle ſoit bien défendue, il n'aura pas beaucoup plus d'avantage

de pouvoir l'attaquer plutôt en un endroit qu'en l'autre, parce qu'il trouvera par-tout une réſiſtance égale; outre que les aſſiégés pourront s'oppoſer avec un plus grand front à la défenſe de la brêche.

Quelques-uns ont fait anciennement les baſtions ronds, & par conſéquent les faces auſſi; mais comme j'ai fait voir dans le Chapitre V, à l'occaſion des baſtions revêtus en terre, les défauts de cette rondeur, il eſt aiſé de juger que les faces doivent être en ligne droite.

Comme la courtine eſt la partie la plus forte de la fortification, elle ne peut jamais manquer d'être bien défendue, mais il faut toujours qu'elle ſoit droite, car ſi elle étoit en angle ſaillant vers la campagne, l'un des flancs ne pourroit pas voir l'autre: ſi on la retiroit en angle rentrant dans la place, ce ſeroit aggrandir le foſſé ſans néceſſité, & occuper l'eſpace des maiſons, & de l'une & de l'autre maniere augmenter de beaucoup la dépenſe.

Il y en a qui la retirent dans la place en ligne parallèle, faiſant deux nouveaux flancs; mais ſi l'on veut que chacun des flancs découvre la face du baſtion & toute la contreſcarpe, il faut

faire le foſſé d'une largeur prodigieuſe; outre qu'il eſt néceſſaire que les flancs ſoient fort petits, à moins qu'on ne veuille que l'un défende la place à la portée du mouſquet, & l'autre à celle du canon; mais on aura toujours l'incommodité de la largeur du foſſé & de ſe trop découvrir.

On voit par les conſtructions que j'ai données, la longueur que les courtines & les faces doivent avoir.

CHAPITRE VIII.

De l'angle flanqué ou de la pointe du baſtion.

La plus grande partie des Auteurs s'eſt laiſſé emporter à l'opinion, que la pointe du baſtion étoit meilleure ſelon un angle que ſelon un autre, parce qu'anciennement le canon ayant aiſément détruit les angles trop aigus, on a cru que le baſtion à angle droit étoit le meilleur, étant auſſi épais à la pointe qu'en aucun autre endroit, ce qui ne ſe rencontre pas dans l'aigu. A l'égard de l'angle obtus, ils le rejettoient entiérement, parce que, diſoient-ils, d'une mê-

me batterie, on pourroit offenſer les deux faces ; au lieu que le baſtion n'ayant de défenſe que du premier flanc, il pourroit être défendu du ſecond, ſi on le faiſoit à angle droit ; & que le ſecond flanc ſe pourroit faire d'autant plus grand que l'angle ſeroit moins obtus ; enfin que les flancs des baſtions obtus n'étant que razans, pour peu de brêche qu'on eût fait à ſes faces, l'ennemi étoit à couvert des coups du flanc, ce qui n'arrive pas quand ſon feu eſt ſichant.

Mais toutes ces raiſons ſont de peu d'importance, car premiérement depuis que l'on a fait un plus fréquent uſage des mines, on a ceſſé de faire l'ouverture de la brêche avec le canon ; cette maniere coutant beaucoup plus & demandant plus de tems, & les mines trouvant autant de priſe à la face qu'à la pointe, l'angle droit a perdu ſon avantage de ce côté-là, outre qu'on a remarqué le déſavantage qu'il y avoit à faire la brêche à la pointe du baſtion, où l'on eſt expoſé à la vûe des deux flancs ; au lieu que la faiſant dans la face on évite le feu d'un de ces flancs, & que l'on peut en ruiner un plus facilement que tous les deux.

Les raiſons alléguées contre les baſtions obtus, ne ſont pas plus importantes que les autres : car ſi d'un même front de batterie on peut ruiner les deux faces, il faut d'avantage de canons, qui ſeroient logés bien plus avantageuſement en deux batteries différentes.

D'ailleurs les places qui ont trop de ſecond flanc ne ſont pas les meilleures, comme je l'ai dit autre part ; car pourvû qu'on le faſſe du tiers ou du quart de la courtine, encore eſt-ce beaucoup, le premier flanc découvrira aſſez dans la brêche & bien mieux que ſi le ſecond flanc étant exceſſif, il arrivoit que la contreſcarpe couvrît tout le pied du baſtion & la brêche des coups du flanc.

En un mot, il importe fort peu que l'angle flanqué ſoit droit ou non, pourvû que les faces ſoient bien défendues, mais il ne faut pas auſſi qu'il ſoit trop aigu, & par conſéquent jamais moindre de 60 degrés, parce qu'il auroit beaucoup d'imperfections, comme étant de peu de réſiſtance, & incommode pour y loger des hommes & du canon pour la défenſe.

D'ailleurs les courtines, les flancs, & les gorges étant d'une juſte grandeur, les lignes de défenſe deviennent exceſ-

ſivement longues, quand les angles flanqués ſont aigus.

CHAPITRE IX.

Des remparts.

LE rempart eſt la couverture entiere de la place, comme le parapet, dont je vais parler au Chapitre ſuivant, l'eſt de ceux qui la défendent; c'eſt pourquoi il faut que ces ouvrages ſoient d'une épaiſſeur ſuffiſante pour réſiſter aux attaques de l'ennemi; & parce que l'un & l'autre doivent être conſtruits de terre, il faut faire une très-ſérieuſe attention au terrein du lieu où l'on veut faire la fortification; c'eſt ce que j'ai exactement examiné dans l'article de la connoiſſance des terres.

C'eſt de la connoiſſance du terrein, qu'on doit juger de quelle hauteur & de quelle épaiſſeur doit être le rempart & le parapet: car dans un mauvais terrein, il les faut faire plus larges, parce que les talus ſont néceſſairement plus grands, & que le boulet entre fort avant & fait un débris conſidérable. On ne peut en cette rencontre les faire fort hauts; car ce mauvais terrein n'ayant

point de conſiſtance, plus il eſt élevé, plus aiſément il s'éboule.

Quelques-uns ne veulent pas l'épaiſſeur du rempart plus grande que la néceſſité l'exige, pour donner plus de facilité à la contre-mine, & que l'ennemi ne ſe puiſſe loger dans la brêche qui demeure découverte faute de terre pour l'épauler.

Les autres tirent cet avantage du rempart, qui a quelque épaiſſeur, que quand on à ruiné les parapets, on ſe rétranche derriere, ce qui ne ſe pourroit faire ſi le rempart n'avoit pas ſuffiſamment de largeur pour cela.

Quoi qu'il en ſoit, il faut ſuivre les dimenſions que M. *de Vauban* lui donne, comme on peut voir dans la conſtruction que j'en ai décrite dans *la Science des Ingénieurs, Livre premier.*

Quelques-uns veulent régler la hauteur du rempart ſur celle des maiſons de la place, voulant qu'elles ſoient à couvert des batteries que l'ennemi établit dans la campagne; mais cette conſidération eſt de trop peu de conſéquence; car quand l'ennemi aura abattu un toît ou une cheminée, il n'en prendra pas plutôt la place : les bombes rendent préſentement cette raiſon encore de

moins de valeur, ainſi il eſt inutile de vouloir cacher les maiſons. Quand le rempart eſt trop haut, on ne voit pas ſi bien le fond du foſſé, & plus le rempart & le parapet ſeront hauts, & le foſſé profond, moins la place ſera défendue : outre que les coups tirés de haut en bas ne font pas grand effet, comme je l'ai dit ailleurs.

Il y auroit un auſſi grand inconvénient à faire le rempart trop bas, parce qu'il en ſeroit plus facilement eſcaladé, & pour peu qu'on y eût fait de brêche par la mine ou par le canon, la montée en deviendroit trop facile aux aſſiégeans.

On pourroit demander ici à quelle diſtance les coups tirés du flanc commencent à découvrir le fond du foſſé ; cela dépend de la hauteur du rempart & de la profondeur du foſſé, leſquelles plus elles ſeront grandes, plus il y aura d'eſpace dans le fond du foſſé, qui ſera à couvert des coups tirés du parapet : tellement que ſi l'on fait un rempart plus haut de 20 pieds, & un foſſé plus profond de 15 ou 16, à peine les coups tirés du flanc pourront-ils découvrir le pied de l'autre : alors s'il n'y avoit point de place baſſe, la courtine ne pourroit

pas être entiérement défendue.

CHAPITRE X.

Des parapets.

LES parapets, pour être bons, doivent être faits de bonne terre, comme je l'ai dit dans le Chapitre précédent : ils ne devroient pas être revêtus d'aucune muraille, parce que les éclats que fait le canon contre la pierre, ſont dangereux à ceux qui ſont derriere le parapet; mais les continuelles dépenſes qu'occaſionnent le gazonnage & le placage, font paſſer par-deſſus cette conſidération; ce qui fait que preſque toutes les places de France ont leurs parapets revêtus, pour éviter la dépenſe annuelle & inévitable, qu'il faut faire aux réparations des autres, ce qui coûte plus qu'un revêtement de maçonnerie. Pour une place que l'on aſſiége en une campagne ou deux, les autres ne le ſont point; ainſi dans l'attente d'un ſiége ſeulement, on ne refuſera pas à toutes les places d'une frontiere une petite muraille, pour s'exempter des reparations & pour leur embelliſſement.

D'ailleurs, les éclats de la maçonnerie

de brique, ne ſont pas ſi conſidérables qu'on doive y faire tant d'attention.

Les dimenſions du parapet ſont marquées dans l'article des profils de M. *de Vauban*, que j'ai rapporté dans le premier Livre de la *Science des Ingénieurs*. J'ajouterai ſeulement ici, qu'on fait ſa hauteur plus ou moins grande, ſelon que le lieu peut être plus ou moins commandé par l'ennemi.

D'où il s'enſuit qu'aux places hautes, il ne ſera pas beſoin d'y faire le parapet ſi haut, qu'à celles qui ſont dans un terrein bas : & lorſqu'il y aura quelque éminence proche de la place, qui pourroit commander le rempart, il lui faudra un parapet plus haut qu'aux autres qui ne ſont point commandés de la campagne.

On conſidere encore, pour la hauteur du parapet, de ſe ménager l'uſage libre du canon, que quelques-uns veulent toujours faire tirer par-deſſus le parapet, & les autres par des embrazures.

Au premier cas, il faut que le parapet ſoit aſſez bas pour que le canon monté ſur ſon affût puiſſe être mis en batterie par-deſſus cette hauteur ; ce qu'on appelle tirer ſur le banc, ou à barbette.

Mais au ſecond cas, le parapet ſe fait plus haut, afin que le canon ayant tiré par les embrazures, puiſſe être mieux convert à ſon récul.

L'une & l'autre de ces deux manieres, a quelque choſe de bon & quelque choſe d'incommode : celle qui tire ſur le banc a cet avantage, que le canon peut être tiré par-tout, & peut même être mené d'un lieu à l'autre & changer de lit ; ce qui oblige l'ennemi à faire des batteries par-tout, s'il veut démonter le canon des aſſiégés ; ou bien s'il ne dreſſe qu'une ſeule batterie pour démonter le canon de la place ; lorſque les aſſiégés l'auront changé de lieu, il ſera contraint auſſi de changer de batterie. Car ſi les embrazures de ſa batterie ne ſont pas tournées vers l'endroit où les aſſiégés ont tranſporté leurs canons, il faudra qu'il en faſſe de nouvelles, avec perte de beaucoup de tems, ou qu'il les faſſe ſi larges, que ſon canon demeure preſque ſans couverture. Il eſt bon de remarquer que l'aſſiégeant ne peut tirer que par des embrazures ; autrement, comme il eſt plus bas que le rempart de la place, ſes batteries ſeroient découvertes ; ce qui ſe doit entendre, lorſqu'aux environs de la place il n'y a au-

cun commandement où l'aſſiégeant puiſſe dreſſer ſa batterie.

Cette maniere de tirer ſur le banc, eſt auſſi déſavantageuſe, en ce que le canon eſt entiérement découvert, & même de divers endroits lorſqu'il doit tirer; & ainſi il peut être facilement démonté.

Les embrazures couvrent bien mieux le canon, qui ne peut être incommodé qu'à la bouche, tout le reſte & ſon affût étant à couvert, mais auſſi l'aſſiégé ne peut pas tourner le canon par-tout, mais ſeulement où les fentes le permettent; outre que l'ennemi eſt aſſuré que l'aſſiégé ne peut tirer que par ces fentes, contre leſquelles il pointera le ſien pour démonter le canon de la place.

Pour accorder ces différentes opinions, on pourroit dire qu'aux places hautes, qui ne ſont point commandées, on pourroit conſtruire le parapet de telle hauteur que le canon puiſſe tirer par-deſſus; mais aux lieux bas, comme caſemates, fauſſe-brayes, tenailles & aux lieux commandés, il faudroit faire le parapet plus haut, & le canon tireroit par les embrazures; alors, il y a une ou pluſieurs banquettes, au lieu qu'en l'autre maniere il n'y en peut avoir.

Aux

Aux lieux où les parapets ſont ſi hauts que le ſoldat ne peut tirer par-deſſus par le moyen d'une banquette, on en fait pluſieurs.

Les parapets qui ont moins de 15, 16, 18 à 20 pieds, ne ſont point à l'épreuve du canon. Je parle ailleurs de leur conſtruction.

CHAPITRE XI.

Des murailles ou revêtemens.

ON a ſouvent agité cette queſtion, ſçavoir, s'il vaut mieux revêtir les places avec des murailles, ou avec du gazon ou placage.

Ceux qui ne veulent point de murailles, alléguent pour exemples, les places de Flandres, appartenant aux Eſpagnols, leſquelles ne ſont point revêtues en maçonnerie: il eſt vrai que celles de la domination de France le ſont toutes, ou qu'elles le ſeront bientôt. Ils diſent auſſi que le canon fait bien plus d'effet contre la pierre que contre la terre, & que ſi les parapets étoient environnés de murailles, l'éclat des pierres feroit plus de mal que la balle; outre que comme les revêtemens de pierre ne ſe ſoutien-

nent pas bien, ſi on ne les fortifie par des contre-forts, cette conſtruction donne un grand avantage aux mineurs, qui tâchent toujours de rencontrer un de ces contre-forts, pour établir leur mine au-deſſous.

Ceux qui ſont pour les revêtemens de murailles, diſent que la terre s'éboule trop facilement, & qu'il y a toujours quelque choſe à réparer aux fortifications: que les places revêtues de terre, ſont trop ſujettes à l'eſcalade à cauſe de leur grand talus, ce qui donne la facilité aux ſoldats d'y monter ſans échelle, & s'il y a quelque traître ou eſpion dans la place, ou quelque ſoldat qui ait envie de déſerter, il pourra entrer & ſortir la nuit par les endroits dont il aura reconnu l'iſſue plus facile.

D'ailleurs, d'abord que les mineurs ſont arrivés au pied du baſtion, ils font un trou dans la terre en très-peu de tems & ils s'y couvrent aiſément, au lieu que, lorſqu'ils trouvent une pierre forte & dure, il leur faut beaucoup de tems pour faire leur logement, ce qui donne la facilité à ceux de la place de tirer ſur eux. Cette incommodité eſt encore plus grande lorſque le foſſé eſt plein d'eau, parce qu'après l'avoir paſſé

à la nage, ou avec un batteau, les Mineurs ne trouvant rien pour ſe couvrir, une ſeule volée de canons du flanc oppoſé peut les emporter ; ainſi les revêtemens de maçonnerie ſont à préférer à ceux de gazon.

CHAPITRE XII.

Des baſtions.

IL y a deux ſortes de baſtions, les uns ſont pleins & les autres vuides.

Les baſtions pleins ſont plus de réſiſtance, il fourniſſent plus de terre pour les rétranchemens, & l'on peut y élever des cavaliers, qui augmentent la défenſe des baſtions voiſins ; enfin, il eſt plus facile d'y faire des traverſes pour ſe parer des commandemens ; d'ailleurs on peut y pratiquer des ſouterreins admirables, pour mettre à couvert de la bombe & pour faciliter la découverte du Mineur ennemi, & ces mêmes ſouterreins ſont très-propres à faire des magaſins pour conſerver en ſûreté les munitions de guerre.

Quoique les baſtions vuides ſoient de moindre défenſe, ils ſont néanmoins propres pour découvrir les mines des

ennemis, & lorſqu'il y en a une partie de ruinée, on ne laiſſe pas de ſe retrancher dans le reſte.

On n'eſt pas le maître de choiſir la meilleure de ces deux conſtructions de baſtions, cela dépend de la plus ou moins grande quantité de terre que l'on tire du foſſé, qui oblige de faire les baſtions pleins ſi on en a beaucoup, & vuides ſi l'on en a peu.

On peut faire auſſi des baſtions ſéparés du corps de la place, au contraire des ordinaires qui y ſont attachés. Quand on veut des premiers, il eſt bon que les foſſés ſoient pleins d'eau pour éviter les ſurpriſes, quoique cela ne ſe rencontre pas par-tout comme à Tournai, ce qui a engagé en partie à les joindre au corps de la place, par des flancs bas qui défendent d'ailleurs le paſſage du foſſé. Il faut, quand on fait des baſtions détachés, que les remparts ſoient tout au tour du circuit de la place, & que ſur l'angle de la figure, il y ait une porte dans le revêtement, pour paſſer dans le baſtion qui doit être commandé du rempart qui eſt vis-à-vis de ſa gorge. Il eſt néceſſaire auſſi que les baſtions détachés ſoient vuides, & leur rempart de moindre épaiſ-

ſeur que celui du corps de la place, afin que l'on puiſſe plus facilement découvrir la mine, & qu'il ne reſte point de terrein pour couvrir l'aſſiégeant, quand il aura fait ſa brêche.

Outre l'incommodité que l'ennemi recevra de ne point trouver de terre pour ſe couvrir, on peut remarquer dans les baſtions détachés quatre avantages conſidérables.

Premiérement, que l'aſſiégeant ne pourra faire ſon logement ſans beaucoup de danger, ni entrer dans le baſtion ſans beaucoup de perte, parce qu'il eſt environné de tous côtés, de parties qui le commandent à bout touchant, & qui favoriſent les retranchemens, que les aſſiégés y voudroient faire.

Secondement, on peut en chaque demi-gorge du baſtion, pratiquer un nouveau flanc, capable de contenir une ou deux piéces de canon, lequel ne peut être vû en aucune maniere, & qui ſera d'autant plus commode, que moins l'angle du poligone ſera ouvert, plus les flancs défendront la longueur des murailles de la place, quand l'un des autres baſtions ſera pris : tellement que l'ennemi étant maître d'un baſtion, il faudra qu'il prenne le voiſin, s'il veut attaquer

le rempart de la place qui eſt entre deux.

En troiſiéme lieu, l'ennemi étant maître du baſtion, il ne l'eſt pas encore de la place; au contraire des autres dans leſquels l'ennemi étant une fois entré, il eſt dans la place.

Les baſtions détachés ont cependant leurs incommodités; ils ne peuvent être facilement ſecourus, car ſi l'ennemi peut découvrir le pont de communication, il ſera très-dangereux de paſſer par-deſſus, & s'il l'a rompu, on aura de la peine à entrer dans le baſtion. Il eſt vrai, qu'on peut y faire un pont à fleur d'eau, ou y paſſer par batteau, ou bien y aller par le fond du foſſé quand il eſt ſec: mais c'eſt toujours une grande incommodité, que le paſſage puiſſe être découvert de l'ennemi, lequel étant une fois maître de ces piéces quoique détachées, le ſera bien-tôt de la place, puiſqu'il n'y a plus rien qui flanque; & un bon retranchement que l'on feroit dans un baſtion, ſe défendroit mieux que ne pourroit faire le corps de la place, où il n'y a aucun flanc. Tellement que pour ces deux conſidérations ſeulement, les baſtions attachés au corps de la place, doivent être à préférer aux autres, qui

ne ſont pourtant pas à rejetter & qui ſont d'une merveilleuſe défenſe, quand ils ſont ſoutenus par les tours baſtionnés de M. de Vauban.

En quatriéme lieu, ces baſtions ſont plus aiſés à défendre par contre-mines, parce qu'il n'y a rien à appréhender de leur effet, qui incommode toujours un peu ceux qui ſont dans la place.

CHAPITRE XIII.

De la fauſſe-braye.

DANS la fortification Hollandoiſe, on fait tout au-tour des places & au pied du rempart une baſſe allée, qu'on nomme *fauſſe braye*, couverte d'un parapet, & dont le terre-plein eſt plus large ordinairement dans les flancs, que dans les courtines & dans les faces, afin que le ſervice du canon qu'on y peut mettre ſe faſſe plus aiſément, & que les débris & éclats du flanc haut n'incommodent pas tant. Mais la fauſſe-braye eſt facilement enfilée au-devant des flancs qui n'ont point d'orillon, & il ſemble qu'elle ſoit entiérement inutile au-devant des faces & des courtines, ce qui fait que M. de Vauban les a tout-à-fait

abandonnées, & qu'il s'en eſt tenu à ſes tenailles devant les courtines. La fauſſe-braye a encore cette incommodité, que la pointe du foſſé qui eſt devant les angles flanqués s'éloigne davantage du flanc, & lorſque l'ennemi aura fait une mine au-deſſous de la fauſſe-braye & du rempart, la montée à brêche en ſera plus facile. Enfin, ceux qui défendront la fauſſe-braye n'y pourront tenir, lorſque le revêtement de la place ſera de maçonnerie, à cauſe des éclats que le canon y cauſera, & du débris dont il remplira le terre-plein de cette même fauſſe-braye. Ainſi on ne voit point qu'elle apporte aucun avantage, à moins que ce ne ſoit par haſard, comme celle de la citadelle de Tournay, que l'on a faite pour en faire le foſſé moins large, parce qu'il l'étoit trop auparavant.

CHAPITRE XIV.

Des tenailles.

Les tenailles, qui ſont une eſpéce de fauſſe-braye, devant le premier & le ſecond flanc, & devant la courtine, ont leur utilité; elles défendent les faces &

le paſſage du foſſé, couvrent la courtine, facilitent le paſſage des troupes pour la défenſe des dehors, par le moyen des ouvertures pratiquées, à leurs angles flanqués & dans leur milieu. Elles ne ſont point ſujettes à ſe remplir des débris du canon qui bat le revêtement de la place, parce qu'il y a un foſſé entre deux.

Il y a deux ſortes de tenailles, les unes ſont à flanc & les autres ſont toutes ſimples: celles à flanc rendant leur foſſé entre leur courtine & celle de la place trop étroit, expoſent trop les troupes qui les défendent aux éclats, qui les incommodent, & l'on n'y peut pas tenir; outre qu'il ſe trouve rarement de l'eſpace pour un terre-plein devant la courtine. C'eſt ce qui fait que M. de Vauban, ayant remarqué ces défauts conſidérables, a entiérement condamné les tenailles à flanc, & s'en eſt tenu aux autres, qui ne ſont autre choſe que la continuation de la ligne de défenſe. Celles-ci ont l'utilité des tenailles à flanc, ſans en avoir les défauts, puiſqu'elles redoublent le feu des flancs pour la défenſe du foſſé; elles couvrent de même la courtine, défendent les faces, & facilitent le paſſage des troupes pour aller

défendre les dehors : d'ailleurs elles ſont bien moins commandées de cette maniere que de l'autre.

Une place qui n'a point de tenailles n'en eſt pas pour cela défectueuſe, mais elle en eſt moins défendue, comme on le peut voir par ce que je viens de dire, à quoi j'ajouterai que la tenaille empêche encore que le foſſé de la place ne ſoit ſi large devant la courtine, & par conſéquent qu'elle ne ſoit ſi découverte & que le Mineur ne s'y attache, ce qui ſe peut faire en même-tems qu'à la face du baſtion, pour y monter à l'aſſaut en même-tems, & rendre les retranchemens du baſtion inutiles.

CHAPITRE XV.

Du foſſé.

LE foſſé eſt la principale barrierre qui empêche l'ennemi d'approcher de la place ; c'eſt une queſtion à décider, ſçavoir lequel eſt le meilleur du foſſé ſec ou du foſſé plein d'eau ; pour l'éclaircir, il faut remarquer les avantages & les déſavantages de l'un & de l'autre.

Le foſſé plein d'eau aſſure la place contre l'eſcalade & la ſurpriſe ; mais ſi

en hiver on n'a pas ſoin d'en rompre les glaces, l'ennemi peut facilement paſſer par-deſſus, & eſcalader la place plus aiſément que ſi le foſſé étoit ſec.

Un foſſé plein d'eau eſt un plus grand obſtacle aux approches que l'ennemi veut faire au corps de la place; mais auſſi les aſſiégés ne peuvent pas beaucoup incommoder les aſſiégeans par leurs ſorties, parce qu'elles ſont très-difficiles quand le foſſé eſt plein d'eau, à cauſe que les batteaux & les ponts ont leurs inconvéniens. L'ennemi peut rompre facilement les ponts, lorſqu'il ſera logé ſur la contreſcarpe, ou s'il les laiſſe, il oppoſera à l'endroit où ils ſeront ſes principales défenſes, étant aſſuré que c'eſt par-là que les aſſiégés doivent paſſer.

Il eſt très-difficile de paſſer & de repaſſer ſur des batteaux à la vûe de l'ennemi, de maniere que les ſorties ſont très-dangereuſes & les retraites encore davantage, ſi l'on eſt preſſé par l'ennemi; car c'eſt une grande confuſion quand il faut que pluſieurs perſonnes entrent enſemble & à la hâte dans un batteau; & ſi la cavalerie ſort, ni les ponts, ni les batteaux ne ſauroient empêcher le déſordre dans la retraite. L'incommodité n'eſt pas moindre quand il faut faire en-

trer du ſecours dans la place, & tout le remede qu'on y peut apporter, c'eſt de faire des ponts fort bas & même au-deſſous de la ſurface de l'eau, pour en ôter la vûe à l'ennemi qui tâche de les rompre, & de ſe raſſembler dans les dehors avant que de ſortir; mais quand ces dehors ſont une fois pris, il n'eſt plus poſſible de faire de ſorties, ni de recevoir aucun ſecours.

L'aſſiégeant perd beaucoup de tems à combler le foſſé plein d'eau; mais il en eſt bien dédommagé, en ce que les aſſiégés ne pouvant pas facilement faire de ſorties pour ruiner ſes travaux, il les pouſſe bien-tôt juſqu'à la contreſcarpe.

Dans les foſſés pleins d'eau, l'ennemi a cette grande incommodité, qu'ayant comblé le foſſé, il ne peut approcher de la place que ſur un front très-étroit & par le ſeul paſſage qu'il aura pratiqué; au lieu que quand le foſſé eſt ſec, il peut s'étendre de tous côtés & faire diverſes attaques. Mais auſſi l'aſſiégé eſt privé de pouvoir faire de nouvelles défenſes dans le foſſé; & même dès que la contreſcarpe eſt gagnée, il ne ſauroit empêcher la gallerie; car il eſt très-difficile de faire des ſorties avec des batteaux pour y mettre le feu, & cette opé-

ration eſt dangereuſe à exécuter, mais on peut faire mille chicanes à l'aſſiégeant dans le foſſé ſec; ceux de la place tirent ſur l'ennemi pendant ce tems-là, & peuvent en cas de néceſſité favoriſer la retraite des troupes.

L'aſſiégé a l'avantage dans le foſſé ſec, de pouvoir traverſer aiſément l'ennemi dans les logemens qu'il tâche d'y établir, car il peut lui faire tomber plus de monde ſur les bras qu'il n'en peut mettre dans ces mêmes logemens, & cela ſans que ces troupes qui ſortiront ſur lui, ſoient aucunement vûes de la campagne qu'en traverſant le foſſé à l'anglè flanqué, ce qui eſt peu de choſe.

On peut encore, au foſſé ſec, ſe ſervir avantageuſement des caponieres, que l'on peut pratiquer dans le foſſé juſqu'au revêtement du chemin couvert, pour empêcher le paſſage & les logemens du foſſé, ſi la place eſt contre-minée.

Puiſque l'aſſiégeant eſt obligé de vuider l'eau du foſſé quand il en a la facilité, il ſemble que ce ſoit une preuve, que le foſſé plein d'eau eſt plus avantageux à la place que le ſec. Mais ſi l'on vuide le foſſé lorſque cela ſe peut, c'eſt ſeulement pour le combler plus aiſément, & la boue qui reſte au fond em-

pêche les aſſiégés de venir aux aſſiégeans ; outre l'incommodité qu'ils ont déja reçue de ne pouvoir faire de ſortie.

Il ſemble que la mine ſoit plus mal aiſée à faire au foſſé plein d'eau qu'au ſec, mais comme on mine les baſtions au-deſſus de l'eau, elle n'apporte aucune incommodité à la mine. Il eſt vrai, que ſi la place eſt revêtue d'une bonne & forte muraille, le Mineur aura plus de peine à s'attacher à la face du baſtion, principalement s'il faut qu'il paſſe le foſſé à la nage, ou avec un batteau ; mais en ce cas, on pourra avec le canon rompre la muraille à l'endroit de la face où la mine doit être commencée, ou ſi le flanc qui défend cet endroit n'eſt pas entiérement ruiné, on attendra que le comblement du foſſé ſoit achevé pour commencer la mine.

De tous les foſſés pleins d'eau, les meilleurs ſont ceux dont l'eau eſt courante, car outre qu'ils ne cauſent point de mauvais air, comme font ordinairement ceux dont l'eau croupit, ils ont cet avantage que les ennemis ne peuvent qu'avec grande peine en faire le paſſage ou la traverſe. Car ce qu'ils jettent dans l'eau, ne s'arrête pas où ils ſouhaiteroient, & ils ſont obligés de faire

des arcades pour laiſſer couler l'eau & de conſtruire une eſpéce de pont, ce qui ſeroit très-difficile, ſur-tout s'il reſtoit quelque canon dans la place qui ne fût pas démonté, car il ruineroit très facilement les travaux qui ſeroient ſur une eau courante. D'ailleurs, il n'y a guére de place dont les foſſés ſoient remplis d'une eau courante, qui n'ait en même-tems des écluſes pour la retenir ou la lâcher, ſelon que l'exige la défenſe de la place, & ces écluſes étant miſes en mouvement à propos, détruiſent avec facilité tous les ouvrages qu'un ennemi peut faire dans un foſſé de cette eſpéce.

Les foſſés ſecs ſont ſans doute plus commodes que les autres pour s'oppoſer puiſſamment aux aſſiégeans; car non-ſeulement les ſorties & les retraites y ſont plus aiſées, mais, comme j'ai déja dit, on y peut faire beaucoup de chicanes à l'ennemi, & empêcher que les Mineurs ne s'attachent aux baſtions, & quand ils travaillent à leur mine, on peut ſortir ſur eux pour les aller tuer ou brûler dans leur trou. On ſecoure encore plus facilement les dehors, & lorſqu'on eſt obligé de les abandonner, on ſe retire ſans grand riſque, pouvant faire des

ſouterreins pour aller à couvert à la contreſcarpe ; lorſque les ſecours arrivent, les ſoldats n'ont qu'à ſe laiſſer gliſſer dans le foſſé ſec, & l'ennemi ne ſauroit les ſuivre à cauſe de la difficulté de remonter.

Le foſſé ſec a l'avantage de pouvoir être contre-miné deſſous ſa ſuperficie, & ſous les revêtemens de la place & du chemin couvert, ce qui eſt la meilleure défenſe, quand elle eſt bien entendue.

L'aſſiégeant à la vérité, a preſque les mêmes avantages dans le foſſé ſec que l'aſſiégé ; il peut s'étendre comme lui, & par conſéquent y loger beaucoup de monde, & s'oppoſer puiſſamment aux efforts des aſſiégés. Les Mineurs paſſent ſans beaucoup de peine, & peuvent s'attacher à l'endroit de la place où ils trouvent le plus de facilité à faire leur mine, & s'ils rencontrent de l'obſtacle en un lieu par quelque contre-mine, ils peuvent incontinent la recommencer en un autre, ce qui ne ſe pourroit pas ſi facilement au foſſé plein d'eau.

Pour accorder les différentes opinions ſur cet ſujet, on peut dire que le foſſé plein d'eau eſt bon aux petites places où il n'y a pas beaucoup de monde pour faire

faire des ſorties. Mais aux grandes places qui ſont pourvûes d'une forte garniſon, le foſſé ſec eſt plus commode pour prolonger la défenſe, quoique celui qui eſt plein d'eau ne ſoit pas à rejetter, principalement ſi elle eſt courante, & que l'on y ait quelques écluſes.

Si dans le foſſé ſec on pouvoit faire une cunette, il n'en ſeroit que meilleur, car il participeroit des avantages des deux foſſés.

Si l'on pouvoit ſi bien ménager les eaux d'une place par le moyen des écluſes, qu'après avoir défendu le foſſé ſec à toute extrêmité, on pût le remplir d'eau, & par ce moyen renverſer les travaux de l'ennemi, l'y noyer, ſi cela ſe pouvoit, & le réduire à recommencer le paſſage de ſon foſſé; ce ſeroit le plus grand avantage d'une place, mais elles ne peuvent pas toutes en jouir.

Les foſſés ne doivent être ni trop grands ni trop petits en profondeur & en largeur: car ſi le foſſé étoit trop large, la partie qui eſt vers la pointe du baſtion ſeroit hors la portée du mouſquet des flancs; on ne ſauroit d'ailleurs où mettre la terre qu'on tireroit de ſon approfondiſſement. Si le foſſé eſt trop étroit il ſera aiſément paſſé par l'ennemi, &

ne fournira pas de la terre ſuffiſamment pour former les ouvrages.

Si le foſſé eſt trop profond, il ne ſera pas ſi bien défendu, ne pouvant être découvert de ceux qui ſeront dans la place, ſi les parapets ſont d'une juſte épaiſſeur & de la hauteur qu'ils doivent avoir. Au contraire, s'il n'eſt pas aſſez profond, l'ennemi ne trouvera pas grand obſtacle lorſqu'il le voudra paſſer & s'attacher aux baſtions, & les eſcalades en ſeront plus faciles.

Il eſt mal-aiſé de déterminer les juſtes proportions du foſſé; car cela dépend principalement de la nature du lieu où il doit être fait.

En Hollande, on le fait large & peu profond, parce qu'en ce pays-là on rencontre de l'eau à 8 ou 10 pieds de profondeur, ce qui oblige de lui donner une plus grande largeur pour avoir de la terre ſuffiſamment pour les remparts.

Ceux qui ſont taillés dans le roc, ne peuvent être ni fort profonds, ni fort larges, autrement ce ſeroit une dépenſe exceſſive; il y en a cependant de pareils à Maubeuge, de 20 à 25 pieds de profondeur, ſur 15 à 16 toiſes de largeur, mais cela ne ſe rencontre pas de même par-tout.

La maniere de fortifier de M. de Vauban, régle les juſtes dimenſions que le foſſé doit avoir en bon terrein.

Il eſt à remarquer qu'un foſſé trop large, découvre trop le pied du revêtement du corps de la place, lequel en ce cas peut être aiſément détruit par les batteries de l'ennemi, établies ſur le glacis ou ſur le chemin couvert.

Lorſqu'une place eſt contre-minée, & qu'il y a une galerie derriere le revêtement de la place, au niveau du fond du foſſé, c'eſt une néceſſité qu'il ſoit plutôt plus étroit que large; afin que l'ennemi ne puiſſe en aucune façon, découvrir par ſes batteries le pied de ce revêtement, ni créver la galerie qui eſt derriere; car alors ne rencontrant aucune ſolidité que celle de la muraille, il auroit bientôt culbuté toute la partie où ſon canon donneroit. Il eſt donc néceſſaire que le foſſé des places où il y a des contremines ſous le revêtement de la place, ſoit étroit & profond, par cette ſeule raiſon qui mérite bien qu'on y faſſe attention.

CHAPITRE XVI.

Des dehors.

ON comprend ſous le nom de dehors, tout ce qui eſt fait au-delà du foſſé de la place pour la couvrir, & qui eſt auſſi environné de foſſé & d'un parapet.

Ces dehors ont des noms différens, ſelon leur diverſe figure & les endroits où on les place, & ils peuvent varier à l'infini, ſuivant la diſpoſition des lieux.

Les plus ordinaires ſont la demi-lune, la contre-garde, l'ouvrage à corne, l'ouvrage à couronne, la redoute, &c. & d'autres qui ont ſouvent une forme ſi irréguliere, qu'on ne ſçait quel nom leur donner.

Quelques-uns rejettent les dehors, parce que, diſent-ils, il faut trop de monde pour les garder, & que d'ailleurs lorſque l'ennemi les attaque, il eſt difficile de les ſécourir; enſorte que bien ſouvent ce ſont des coupes-gorges pour les ſoldats qui les gardent. En effet, ſi le foſſé eſt plein d'eau, l'ennemi ayant rompu les ponts, ôte la communication de ceux de la place avec les dehors; & ſi

le foſſé eſt ſec, l'aſſiégeant pourra attaquer la piéce détachée pardevant & parderriere, ce qui ſe pratique ſouvent. M. *de Vauban*, ayant très-bien reconnu ce défaut, y remédie par les réduits qu'il fait dans ſes demi-lunes, & par les retranchemens qu'il fait ouvrir dans les ouvrages à corne, perpendiculaires à la face de la demi-lune du corps de la place. Dans ce cas, les dehors ne ſont plus des coupes-gorges, puiſque ces réduits & ces retranchemens facilitent non-ſeulement la retraite du ſoldat, mais lui donnent le moyen de ſe raſſembler & de revenir quelquefois à la charge ſur l'ennemi.

Ceux qui improuvent ces dehors, diſent encore qu'ils ſont de peu de réſiſtance, parce qu'ils ſont trop bas.

Que s'ils ſont faits de terre, il y aura toujours quelque choſe à refaire, & ils ne durent pas long-tems; car les pluyes & les glaces font ébouler la terre, & l'aſſiégeant les trouvant en mauvais état, les prend avec facilité.

Que lorſque l'ennemi les aura pris, ce qu'il fait aſſez facilement, cela lui ſervira comme d'un pont & d'un paſſage pour s'approcher de la pláce, & la terre de cette ouvrage lui ſervira pour

ſe loger, & pour combler le grand foſſé, quand il eſt plein d'eau.

Qu'en tems de paix, ſi l'on veut garder tous ces dehors, il faut une plus forte garniſon, ou les expoſer, en les laiſſant ſans garde, à la ſurpriſe d'un Prince voiſin.

Toutes ces raiſons ne ſont pas aſſez conſidérables pour rejetter les dehors, parce qu'il ne faut pas beaucoup plus de monde pour garder une place qui a des dehors, que celle qui n'en a point. En effet, lorſqu'on fait bonne garde au-dehors, on n'a pas beſoin d'en faire une grande pour le corps de la place: & lorſque l'ennemi en aſſiége une, il n'attaque pas tout-à-la-fois tous les dehors qui ſont les uns devant les autres, mais il faut qu'il prenne les plus avancés pour venir aux autres.

Si les dehors ſont bien faits, ils ſeront facilement ſecourus; car aux foſſés pleins d'eau, ou peut faire des ponts à fleur d'eau on demi-pied plus bas pour y aller; & aux foſſés ſecs on poſera des paliſſades qui empêcheront de venir attaquer les dehors par derriere.

Des dehors bien flanqués peuvent réſiſter autant & plus que le corps de la place, parce qu'ils ſont flanqués de

divers lieux & commandés de toutes parts ; tellement que l'ennemi a beaucoup de peine à les prendre, & lorſqu'il les a pris, il ne s'y peut loger qu'en perdant beaucoup de monde, & même quand il a achevé ſon logement, on peut le faire ſauter par une contre-mine.

L'ennemi n'aura pas plus d'avantage ayant pris un dehors, qu'il en auroit s'il étoit venu ſur le bord de la contreſcarpe ; car il y a toujours quelque foſſé à paſſer & quelque chemin à faire.

Lorſqu'on garde les dehors, on n'a pas beſoin de beaucoup de monde dans la place.

Enfin, comme le point principal de la défenſe eſt d'éloigner autant qu'on peut l'ennemi, & de ne lui laiſſer gagner le terrein qu'avec peine & le plus lentement qu'il ſe peut, on ne le ſauroit mieux faire que par le moyen des dehors, qui ont cet avantage qu'étant fort bas, les coups en ſont plus razans, & par conſéquent beaucoup plus nuiſibles.

D'ailleurs, la place eſt proche de ſa perte lorſque l'ennemi eſt dans le foſſé, & l'on ne peut en empêcher l'abord que par des ſorties fréquentes ; & comme le principal objet de ces ſorties, eſt d'éloigner l'ennemi, il vaut mieux le fai-

re étant à couvert dans quelque bon dehors, qui en empêchera davantage l'approche que ne feroient pluſieurs ſorties, leſquelles ſont toujours plus déſavantageuſes aux aſſiégés qu'à ceux qui attaquent.

Toutes ces raiſons décident en faveur des dehors, & même ils ont paru ſi néceſſaires qu'on ne voit point de places fortifiées où il n'y en ait.

L'uſage des dehors eſt; 1°. d'empêcher par ces nouveaux obſtacles que les ennemis n'approchent du corps de la place; 2°. de couvrir les parties les plus eſſentielles & les plus foibles d'une place, comme le flanc, la face, & les parties d'une fortification irréguliere, qui d'ailleurs ne ſeroient pas bien défendues; 3°. pour renfermer un terrein, comme une Ville baſſe, ou un Fauxbourg; 4°. pour occuper un commandement.

5°. Pour commander dans des cavins peu éloignés de la Ville, & qu'elle ne découvre point.

6°. Pour joindre à la Ville quelque riviere, marais, ou autre choſe.

7°. Pour couvrir une écluſe qui eſt d'importance pour la défenſe de la place.

8°. Pour garder un pont, un paſſage, un défilé, &c.

9°. Pour voir des attaques de revers; & tout cela, ſelon les circonſtances des lieux.

La demi-lune, qu'on nommoit autrefois *ravelin*, couvre entiérement la courtine & les deux flancs. Il y en a qui ont des flancs de la largeur du chemin couvert, pour le défendre plus aiſément, & il y en a qui n'en ont point: les unes & les autres ſont également bonnes, ſelon les circonſtances. Les meilleures demi-lunes ſont celles qui ont un réduit avec un petit foſſé dans leur centre, pour les raiſons que j'ai dites.

On appelle aujourd'hui *contre-garde*, ce qu'on nommoit autrefois demi-lune, & on les fait à la pointe des baſtions, pour les couvrir & les parer de quelque commandement.

Les ouvrages à corne & à couronne ſe font également devant les courtines & les baſtions, mais plus ordinairement les premiers ſe font devant les courtines, & les autres devant les baſtions; la grandeur de leurs parties dépend des circonſtances.

Je finirai, en faiſant obſerver que les retranchemens qu'on peut faire dans les ouvrages à corne, ſont mieux placés

perpendiculairement ſur les faces du baſtion, ou de la demi-lune qui eſt devant, que dans les demi-gorges des demi-baſtions ; 1°. parce que l'ennemi s'étant rendu maître de la demi-lune de l'ouvrage à corne, peut battre en brêche la courtine en même-tems que les faces, y monter à l'aſſaut auſſi dans le même-tems, & rendre par-là les retranchemens inutiles ; 2°. parce que l'ennemi entrant pêle-mêle avec les aſſiégés & les pourſuivant de près, ils n'auroient pas le tems de rompre le pont du retranchement, qui ſe trouveroit trop proche de la brêche ; 3°. que ce retranchement réduiroit le demi baſtion à une ſi petite capacité, qu'il ſeroit très-difficile d'y faire agir le canon ; 4°. que les autres retranchemens ont un bien plus grand front à oppoſer à l'ennemi, & favoriſent beaucoup plus ſûrement la retraite des troupes, & leur ralliement pour retourner à la charge, s'il eſt néceſſaire.

MAXIMES

GÉNÉRALES

SUR LA FORTIFICATION,

Par M. BELIDOR.

NOUS avons examiné en détail, dans le Diſcours précédent, le fort & le foible des différentes parties d'une fortification, il reſte à donner un extrait des principales circonſtances où l'on peut ſe trouver, que nous avons réduites en maximes, afin de ſoulager l'imagination des jeunes Militaires & des Ingénieurs, en leur repréſentant en peu de mots, ce qu'il y a de plus eſſentiel à obſerver dans les fortifications en général.

Ces maximes ſont de deux ſortes; les unes ſont eſſentielles en elles-mêmes, & elles ſervent à connoître les défauts d'une place; les ſecondes ne ſont que des dépendances des premieres, & elles ne ſont utiles que pour la conſtruction d'une fortification.

Les maximes eſſentielles en elles-mêmes ſont :

1°. Qu'il n'y ait aucune partie à l'entour de la place, qui ne ſoit flanquée du corps de la place.

Cette maxime eſt la plus eſſentielle, & les autres n'en ſont que des ſuites; cependant on ne l'obſerve pas exactement; 1°. lorſqu'un endroit eſt ſur des précipices, ſur de grandes rivieres, ſur la mer, &c. qu'il eſt entiérement inacceſſible, ou qu'il faut plus de peine à l'ennemi pour en approcher que des autres parties, ſoit par la difficulté qui vient de la ſituation des lieux, ſoit par des défenſes de front du corps de la place, ou des parties voiſines qui en voyent de revers les approches; 2°. pour les forts qui ne ſont pas forts élevés, & qui ne doivent pas ſouffrir de ſiéges réglés, on ſe contente d'une défenſe directe, comme aux redoutes quarrées de 18 ou 20 toiſes de face; 3°. les dehors dont les têtes ſont fort avancées dans la campagne, ſe défendent d'eux-mêmes, & non pas du corps de la place; ce que l'on ne fait que dans la néceſſité.

2°. Les parties qui flanquent doivent être éloignées d'environ 120 toiſes, qui eſt la portée moyenne du mouſquet.

Cette maxime ne s'obſerve qu'à-peu-près, parce que la portée du mouſquet n'eſt pas une choſe bien réglée; cependant on ne la fait conſidérablement plus grande, par exemple, juſqu'à 150 toiſes ou davantage, que; 1°. quand le front de la fortification eſt de difficile accès; 2°. lorſqu'on y peut ſuppléer par d'autres défenſes plus courtes, pratiquées dans le foſſé; 3°. lorſqu'il réſulte un plus grand bien en éloignant les baſtions, que ſi on vouloit rendre la défenſe plus courte en les approchant; ce qui arrive lorſqu'on eſt proche de quelque commandement & de quelque rideau.

On fait la ligne de défenſe plus courte que de 120 toiſes, dans les petits forts, qui ordinairement ſont plus élevés; mais il faut prendre garde de ne pas rendre les autres parties eſſentielles trop petites.

3°. Les parties qui flanquent, doivent regarder le plus directement qu'il eſt poſſible, celles qui ſont flanquées.

On ne s'éloigne de cette maxime que dans la néceſſité; car plus la défenſe ſe fait obliquement, moins elle eſt ſûre; & on ne découvre pas tant la partie qu'on veut défendre.

4°. Les parties qui flanquent, ne

doivent être vûes que de celles qu'elles doivent flanquer.

Une place ſeroit parfaite, ſi on pouvoit y obſerver cette maxime; mais on tâche d'y ſatisfaire le plus qu'on peut, par les orillons & par des dehors, n'y ayant point d'exemple qu'on ait pû l'obſerver au pied de la lettre.

5°. Les parties qui flanquent doivent être les plus grandes qu'il eſt poſſible. Cette grandeur ſe prend pour la longueur & auſſi pour la largeur.

On n'obſerve pas toujours cette maxime dans toute ſon étendue à l'égard des flancs; 1°. parce qu'en ménageant cet ouvrage, on tomberoit dans des inconvéniens à l'égard des autres parties; ce qui ne ſe peut connoître qu'en les comparant enſemble ſur le plan, & principalement ſur les lieux; 2°. il eſt inutile d'augmenter ſi fort la défenſe dans les lieux dont les accès ſont difficiles; 3°. ſi l'on n'a pas de forts ennemis à craindre, on épargne la dépenſe que cauſe de grands flancs. Dans la pratique on fait les flancs depuis 10 juſqu'à 30 toiſes, ſelon les différens ouvrages; de ſorte que le milieu eſt 20 toïſes.

6°. Les parties expoſées aux batteries des ennemis, & principalement celles

qui flanquent, doivent être à l'épreuve des machines dont ils ſe ſervent pour les détruire.

Si un ouvrage eſt expoſé au canon des ennemis, on fait ſon parapet de 3 à 4 toiſes d'épaiſſeur, s'il n'eſt que de terre; mais s'il eſt de maçonnerie, on ne lui donne que 8 ou 9 pieds. Si le canon ne peut tirer que de loin, l'épaiſſeur du parapet ſera moindre; mais s'il n'y a que le mouſquet à craindre, 2 ou 3 pieds de maçonnerie ſuffiront.

A l'égard des bombes, il eſt difficile de s'en couvrir autrement que par des voûtes.

Par cette maxime, on ne doit pas faire les angles ſaillans trop aigus & moindres que de 60 degrés.

7°. Le corps de la place doit commander à la campagne & dans les dehors; & aucun endroit de la campagne ne doit commander ni dans la place, ni dans les dehors, & principalement aux parties qui défendent.

S'il ſe trouvoit un défaut contre cette maxime, il faudroit le corriger par l'une de ces manieres; 1°. en coupant le commandement; 2°. en occupant le commandement par quelqu'ouvrage; 3°. en élevant davantage le rempart; 4°. en ſe

couvrant par des cavaliers ou des traverſes ; 5°. en élevant les angles ſaillans plus haut que les épaules, enſorte que la rampe prolongée vers la campagne excéde le commandement ; 6°. en faiſant des rechûtes de diſtance en diſtance, ſi c'eſt une grande ligne.

8°. Toutes les parties d'une fortification doivent être également défendues.

C'eſt pourquoi ſi quelques parties étoient fortifiées par la nature, il faudroit fortifier les autres par art.

Cette maxime nous apprend auſſi, que lorſqu'on ſonge à donner tous les avantages poſſibles à une partie, il faut ſonger en même-tems à ne pas tomber dans le défaut contraire à l'égard des autres, mais à ménager également les avantages des unes & des autres.

Les ſecondes maximes ne ſont que des meſures moyennes, que l'on doit donner aux parties qui ſervent à la conſtruction des places, leſquelles étant des ſuites des maximes eſſentielles, elles peuvent varier, autant que la nature du lieu & les autres circonſtances l'exigent: c'eſt ce qu'on doit bien conſidérer.

1°. La courtine doit être douze fois au moins auſſi longue que la hauteur du flanc,

flanc, par-deſſus le fond du foſſé de la courtine.

Cette maxime ſuppoſe; 1°. que la pente du parapet du flanc eſt au plus d'un pied ſur ſix pieds, & par conſéquent la partie du foſſé que l'on ne voit point, eſt au moins ſix fois la hauteur du flanc; 2°. Qu'on doit voir au moins la moitié du foſſé qui eſt devant la courtine.

2°. La demi-gorge doit être la plus grande qu'il eſt poſſible, mais au moins plus grande que le flanc; afin d'avoir par-là les avantages des grandes demi-gorges & des grands corps de baſtions. C'eſt pourquoi, dans les meſures moyennes, on doit donner à la demi-gorge au moins 20 toiſes.

3°. La face du baſtion eſt au moins double du flanc, & au plus la moitié de la ligne de défenſe, ou au plus égale à la courtine: elle doit être plus grande dans les petits poligones.

Cette maxime ſuppoſe; 1°. que la face eſt beaucoup plus grande que la demi-gorge, & par conſéquent que le flanc, & nous réglons cette meſure au double; 2°. la face contribue, auſſi-bien que la demi-gorge, à la grandeur du baſtion; 3°. cette grandeur ne doit pas aller juſqu'à diminuer trop la courtine

& le flanc, & par conſéquent nous ne la faiſons au plus qu'égale à la courtine, ou à la moitié de la ligne de défenſe, ce qui fait à peu près le même effet; 4°. ſi la face étoit médiocre dans le quarré, il n'y auroit point de demi-gorge.

4°. Le côté intérieur de la place, dans l'exagone, doit être égal à la ligne de défenſe; mais plus petit aux plus petits poligones, & plus grand aux plus grands poligones; afin que la ligne de défenſe ſoit à peu près de 120 toiſes.

5°. Le côté extérieur doit être à peu près égal à la courtine & aux deux faces, ou plus grand que la ligne de défenſe, du tiers, ou de la moitié. C'eſt pourquoi la ligne de défenſe étant de 120 toiſes, le côté extérieur doit être de 160, ou de 180 toiſes.

6°. Le côté de l'exagone eſt égal à ſon rayon: dans l'eptagone il eſt $\frac{11}{12}$ à peu près du rayon, dans l'octogone $\frac{10}{12}$, dans l'énéagone $\frac{9}{12}$, ainſi de ſuite; on aura plus préciſement leurs rapports par le compas de proportion, ou par les tables des ſinus.

7°. L'avancement de l'angle flanquant extérieur, doit être plus grand que le flanc.

Cet avancement eſt quelquefois égal au flanc, mais ſouvent plus grand ; c'eſt pourquoi il doit avoir plus de 20 toiſes dans les meſures médiocres, afin que le flanc en ait 20 : on eſt obligé de s'éloigner beaucoup de cette meſure, lorſqu'il y a un ſecond flanc.

8°. La diſtance des poligones eſt double du flanc.

9°. L'angle flanqué doit être au moins de 75 degrés ; dans la néceſſité, on peut aller juſquà 60 degrés.

10°. L'angle diminué doit être au moins de 15 degrés, afin que les défenſes ne ſoient pas trop petites.

11°. L'angle du poligone doit au moins être droit, afin que l'angle ne ſoit pas trop aigu ; c'eſt pourquoi le quarré eſt la premiere figure réguliere qui peut être fortifiée.

Il faut remarquer que les plus grands angles du poligone ſont capables d'une plus grande défenſe que les autres.

12°. Les meſures qu'on propoſe pour chaque partie de la fortification, ne ſont pas ſi préciſes, qu'en prenant un peu plus ou un peu moins, on coure riſque de tomber dans des défauts préjudiciables, ſurtout ſi l'on a gardé un juſte milieu dans ces meſures, & ſi l'on a eu ſoin de ne

point pêcher contre les maximes eſſentielles de la fortification.

Maniere de tracer les Fortifications ſur le terrein.

Planche I. Figure 1. Après que l'on a fait le calcul des lignes & des angles qui compoſent la fortification, on commence, pour la tracer ſur le terrein, par planter des piquets à tous les angles qui doivent former le poligone : enſuite on s'attache à tracer la fortification de chaque front, juſqu'à ce que le tout ſoit achevé.

Si l'on ſuppoſe que les points A & B repréſentent deux endroits auxquels on a planté des piquets, qui déterminent la longueur A B d'un des côtés du poligone, qui ſera, par exemple, de 180 toiſes ; voici comment il faut s'y prendre pour tracer le front qui correſpond à ſes côtés.

Ayant marqué ſur un plan le projet de la fortification, avec la valeur des lignes & des angles, comme on le voit dans la figure premiere, on commencera par poſer le pied du graphométre à l'endroit du piquet A : on fera avec la baſe A B & les pinnules immobiles, un angle E A B de 18 degrés 26 minutes ; & ayant fait

porter un piquet ſur l'alignement du rayon viſuel A E, on déterminera, en toiſant fort juſte, une longueur, comme A C, de 50 toiſes, qui donnera une des faces du premier baſtion. Après quoi l'on portera l'inſtrument à l'extrémité C, & l'on fera avec la ligne C A un angle A C D, de 117 degrés 39 minutes, qui ſera l'angle de l'épaule, & l'on prendra dans la longueur C D une quantité de 27 toiſes, 2 pieds, en commençant du point C pour avoir le flanc C D.

On fera la même opération au piquet B, comme on vient de faire à l'autre; & après avoir tracé, ou ſeulement planté des piquets aux points F & E, l'on ſe portera au point E pour voir s'il ſe trouve de même alignement que les deux C & A, afin de remarquer ſi la face A C ſe termine préciſément dans l'angle flanquant; on fera la même choſe pour être aſſuré de la juſteſſe de la face B F: enſuite on n'aura plus qu'à tracer avec un cordeau la courtine D E, auſſi bien que les faces & les flancs des baſtions; & pour voir ſi on ne s'eſt pas trompé en traçant les faces & les flancs, on meſurera la courtine, afin de la vérifier avec le calcul.

Autre maniere de tracer, en ſe ſervant de la planchette.

Planc. I. Fig. 1 & 2. Comme on n'eſt pas toujours à portée d'avoir des inſtrumens pour tracer des ouvrages, voici une maniere par laquelle on peut s'en paſſer, n'étant point néceſſaire de connoître la valeur des angles pour tracer une fortification.

Il faut faire ſur une feuille de papier, avec une échelle la plus grande que l'on pourra, les ouvrages du front que l'on veut tracer; enſuite l'appliquer ſur la planchette avec de la cire d'Eſpagne, de façon que le papier ne faſſe aucun pli; & ſuppoſant que le quarré S T repréſente la planchette avec le plan. Voici comme on s'en ſervira.

Ayant une régle avec deux pinnules, il faut porter la planchette ſur ſon point à l'endroit du piquet A, puis mettre le bord de la régle le long de la ligne L M, & diſpoſer la planchette de maniere que la régle, dans cette ſituation, ſe trouve d'alignement avec les deux piquets A & B, prenant garde de ne point faire vaciller la planchette. Il faut enſuite mettre la régle le long de la face L N, & bornoyant le long de la régle, on mettra un piquet ſur

l'alignement : après quoi l'on n'aura qu'à marquer la longueur de la face, comme on a fait ci-devant, & mettre un piquet à l'extrémité C.

Il faut après cela poſer la planchette au point C, & mettre avec la régle la ligne L N d'alignement avec la face C A, puis l'on changera la régle pour la mettre le long de la ligne N O, pour déterminer l'ouverture de l'angle A C D, qui doit être la même que celle de l'angle L N O, afin de marquer la longueur du flanc C D. Si l'on vient à l'endroit B, pour y tracer, comme ci-devant, la face M P, & le flanc P Q, on plantera les piquets F & E, qui acheveront de donner les lignes & les angles de la fortification.

Maniere de dégorger les embrâſures des batteries de canons dans les ſiéges.

Planche I, figure 3.

Après que l'on a fait le coffre de la batterie, & qu'on l'a rempli de terre juſqu'à la hauteur que doit avoir l'épaulement, qui eſt ordinairement de 7 à 8 pieds de hauteur, ſur 18 à 20 pieds d'épaiſſeur, on en dégorge les embrâſures, auxquelles on donne 2 pieds à l'ouverture A B, pour recevoir la volée de

la piéce, & 9 pieds à l'ouverture CD; & pour tracer l'embrâſûre, on éleve une perpendiculaire E L ſur le milieu de la ligne A B: enſuite un canonier va planter un piquet en C & en D, chacun éloigné du point L de 4 pieds & demi; & ayant les alignemens A C & B D, l'on poſe les fauciſſons qui doivent former les joues de l'embrâſure. Or, comme on ne peut faire cette manœuvre ſans que l'ennemi s'en appperçoive, il dirige ſon feu de ce côté-là, & quoiqu'on faſſe un maſque pour s'en garantir, cela n'empêche pas que l'on ne ſoit fort inquiété. Pour donc agir avec plus de précaution, voici comment on pourra dégorger & faſciner les joues, ſans être obligé de monter ſur l'épaulement pour planter les piquets I, L, K.

Il faut déblayer devant ſoi, au-deſſus de la genouilliere, une quantité de terre autour du point E; enſuite marquer les deux piquets C & D, éloignés chacun d'un pied du point E, mettre une toiſe E F perpendiculaire ſur la ligne C D, puis à l'extrémité F de la toiſe, marquer de part & d'autre deux piquets G & H, éloignés du point F chacun de 2 pieds 2 pouces. On aura les allignemens des joues de l'embrâſure C G &

D H, qui étant prolongés, à meſure que l'on déblayera les terres devant ſoi, iront ſe terminer en I & en K, à une diſtance de 4 pieds & demi du point L, qui eſt ici dans le milieu de l'embrâſure.

Pour faire voir la raiſon de cette pratique, conſidérez qu'ayant mené M S parallèle à N T, on aura retranché de la largeur R T, la partie S T d'un pied, & que par conſéquent R S ſera de 3 pieds & demi. Or, ſi l'on ſuppoſe que M P ſoit de 6 pieds, & que P O ſoit parallèle à R T, l'on aura les triangles ſemblables M P O & M S R; par conſéquent P S, qui eſt ordinairement de 18 pieds, ſera à S R, de 3 pieds & demi, comme M P, de 6 pieds, ſera à P O, qui ſe trouvera d'un pied 2 pouces. Si l'on ajoute à cette ligne la partie P Q, qui eſt d'un pied, la perpendiculaire O Q ſera de 2 pieds 2 pouces, & la ligne R T, de quatre pieds & demi. Ainſi donnant 6 pieds à N Q, il faudra donner 2 pieds 2 pouces à la diſtance Q O, pour que la moitié de l'ouverture R T de l'embrâſure ſoit de 4 pieds & demi.

MÉMOIRE

Sur la longueur que doivent avoir les Piéces de Canons, par rapport à leur calibre.

Par M. BELIDOR.

Les extrémités dans leſquelles on eſt tombé pour régler la longueur des piéces de canons, en faiſant celles de même calibre, tantôt fort longues, tantôt fort courtes, m'ont fait penſer qu'il devoit y avoir une longueur pour les piéces de chaque calibre, qui étoit telle, qu'avec la charge ordinaire, le boulet reçût la plus grande vîteſſe que l'impulſion de la poudre eſt capable de lui donner; & ſi pour la connoître, on eſt obligé de conſidérer les effets de la poudre dans le canon, voici à mon avis, ce que l'on peut dire de plus plauſible ſur ce ſujet.

Comme on ne peut douter que plus il y a de poudre enflammée dans un canon, & plus le boulet reçoit de mou-

vement, nous ſuppoſerons que l'on a mis pour la charge de la piéce, une plus grande quantité de poudre qu'il n'en falloit pour chaſſer le boulet. Cela poſé, auſſitôt que le feu de l'amorce ſe ſera introduit par la lumiere, les premiers grains de poudre enflammée raréfieront l'air qu'ils contiennent & celui dont ils ſont environnés, & écarteront à la ronde tout ce qui leur fera obſtacle. Succeſſivement, la poudre continuant de s'enflammer, elle occupera un bien plus grand volume qu'auparavant; de ſorte qu'agiſſant avec beaucoup de violence à droite & à gauche, & particuliérement du côté où elle trouvera moins de réſiſtance, qui eſt celui du boulet, elle le chaſſera du côté de la bouche, avec une grande quantité de poudre qui n'aura pas encore eu le tems de s'enflammer; & la vîteſſe du boulet augmentant dans la même raiſon du volume de la poudre enflammée, il ſe trouvera dans un inſtant chaſſé à l'extrémité de la piéce. Or ſi dans le tems que le boulet a parcouru la longueur de l'ame du canon, la poudre qui l'accompagnoit, n'a pu être enflammée entiérement, il en ſortira une quantité avec le boulet, qui s'écartera comme du petit

plomb; au lieu que ſi la piéce avoit été plus longue que je ne la ſuppoſe ici, le boulet ayant à parcourir un plus grand eſpace, la poudre qui a été chaſſée avec lui, auroit eu le tems de s'enflammer, & par conſéquent auroit été capable d'un plus grand effort. Ainſi l'on peut conclure que la proportion qu'il doit y avoir entre la charge & la longueur de la piéce, doit être telle que la poudre acheve de s'enflammer entiérement, à l'inſtant que le boulet ſort de la piéce; d'où il ſuit qu'un canon qui eſt chargé plus qu'il ne faut, ne chaſſe pas pour cela ſon boulet plus loin, & même au contraire, puiſque plus il y aura de parties entre la poudre agiſſante & le boulet, moins il recevra de mouvement. Cela eſt ſi vrai, que ſi au lieu d'un bouchon de fourrage ordinaire entre la poudre & le boulet, on en mettoit cinq ou ſix, on s'appercevroit viſiblement que la portée ne ſeroit pas ſi longue que s'il n'y en avoit qu'un, comme j'en ai fait l'expérience. Car le boulet ne recevant de mouvement que par l'impulſion que la poudre a imprimée au premier bouchon, celui-ci ne peut le communiquer aux autres, pour aller juſqu'au boulet, ſans l'altérer; ce qui fait

qu'il s'en faut de beaucoup que le boulet n'ait autant de vîteſſe que s'il avoit reçu ſon impulſion immédiatement de la poudre même. Ainſi le trop de poudre fera le même effet que s'il y avoit trop de bourre.

Mais ſi au lieu d'une piéce trop courte, nous en ſuppoſons une trop longue, il n'y a point de doute, quoiqu'elle ſoit de même calibre que la précédente, & chargée avec la même quantité de poudre, qu'elle ne portera pas ſi loin que ſi elle étoit d'une juſte longueur. Car ſuppoſant que la poudre, faiſant ſon effet, ait pouſſé le boulet juſqu'au point où elle auroit achevé de s'enflammer entiérement, il eſt certain que ſi le boulet a encore à parcourir quelqu'eſpace dans la piéce, il ſortira avec moins de violence que s'il étoit parti d'abord à l'inſtant de l'inflammation totale de la poudre. Car dans le tems que le reſte de la poudre acheve de s'enflammer, la flamme de celle qui a commencé vers la culaſſe, ſe dilate, & l'air raréfié s'amortiſſant de ce côté-là, il n'y a plus que celui qui eſt vers la bouche, qui fait impreſſion ſur le boulet. De ſorte que ſi la piéce étoit aſſez longue pour que l'impulſion de la poudre fût entiérement

amortie à l'inſtant que le boulet eſt prêt à ſortir de la piéce, il pourroit arriver que l'air que le boulet auroit chaſſé avec beaucoup de violence, cherchant à rentrer dans la piéce, le repouſſeroit vers la culaſſe. C'eſt ce qui arriveroit ſans doute, ſi à l'inſtant que le feu a pris à la poudre, l'on pouvoit boucher la lumiere avec aſſez de promptitude, pour empêcher que l'air que le boulet chaſſe, ne ſoit remplacé par celui qui s'introduiroit par-là.

Puiſque les piéces d'une trop grande longueur font moins d'effet que les autres, il ne faut donc plus s'étonner ſi la coulevrine de *Nancy* (contre l'opinion commune) a moins de portée que les piéces de même calibre, comme M. *Dumetz* l'a obſervé dans les épreuves qu'il a faites à *Dunkerque*.

Ce raiſonnement fait voir que la charge doit dépendre de la longueur de la piéce, & la longueur de la piéce de la force de la charge : mais alors, pour de groſſes charges, il faudroit de longues piéces, dont le ſervice & le tranſport ſouffriroient bien des difficultés, joint à la grande conſommation de poudre que l'on ſeroit obligé de faire. Comme donc il ſemble que la méthode de charger

(ainſi qu'on le pratique ordinairement) les piéces à la moitié du poids du boulet eſt la meilleure, il faut, en comptant là-deſſus, chercher quelle doit être la longueur d'une piéce, par rapport à un calibre quelconque, parce que d'après cela on peut établir des régles pour connoître la longueur de tous les calibres imaginables. Je crois que le plus ſûr moyen pour parvenir à cette connoiſſance, ſeroit de faire un canon fort long, dont le calibre ſeroit, par exemple, de 8 livres, & de le charger à la moitié du poids de ſon boulet, puis le tirer de but en blanc, pour voir ſa portée. Comme l'on ſuppoſe que la piéce eſt plus longue qu'elle ne le doit être, on la ſciera, pour la diminuer d'un calibre, & on tirera un autre coup pour voir de combien elle aura porté plus loin que le premier. Continuant toujours à raccourcir la piéce, & la diminuant de quelques pouces, ſur la fin l'on arrivera à un point où la piéce, pour être un peu trop courte, portera moins loin qu'auparavant; alors conſidérant la longueur moyenne entre celle du dernier coup & le pénultiéme, on aura au juſte la longueur de la piéce, par rapport à ſa charge, pour que la poudre ſoit capable

du plus grand effet qu'il eſt poſſible, avec la même quantité de poudre.

Cependant, comme ce que je propoſe ici pourroit peut-être n'avoir pas ſes partiſans, quoique le ſujet ſoit aſſez de conſéquence pour prendre toutes ces meſures, voici encore ce que l'on pourroit faire.

Comme l'expérience fait voir tous les jours que les petites piéces portent plus loin à proportion que les groſſes, puiſque, ſelon les épreuves qu'en a faites M. *Dumetz*, il a trouvé que nos piéces de France, chargées aux deux tiers de la peſanteur du boulet, & pointées à 45 degrés, portoient :

Premiérement, { la piéce de 24 à 2250 toiſes. / celle de 16 à 2020 / celle de 12 à 1870 / celle de 8 à 1660 / & la piéce de 4 à 1520

Cela me fait croire que la longueur des petites piéces eſt mieux proportionnée, par rapport à leur calibre, que celle des groſſes. Ainſi, ſuppoſant qu'une piéce de canon de 4, qui a ordinairement 6 pieds de longueur dans l'ame, ſoit bien proportionnée, voici comment on pourra trouver la longueur des piéces de tel calibre que l'on voudra.

Conſidérant

Planche I. Figure 4.

Conſidérant A C comme étant la longueur de l'ame d'une piéce de 4; A B l'eſpace qu'occupe la poudre dans le canon; H K la longueur de la piéce de 24, que je cherche, & H I l'eſpace qu'occupe ſa charge; je fais attention que la poudre agiſſant dans la piéce de 4 & dans la piéce de 24, dans la raiſon de la quantité qu'il s'en trouve dans l'une & dans l'autre (en faiſant abſtraction des forces unies), il faut, afin que le boulet de l'une & de l'autre piéce parte dans le moment que la poudre eſt entiérement allumée, qu'il y ait même raiſon du cylindre A B au cylindre A C, que du cylindre H I au cylindre H K. Or, comme je puis prendre à la place des cylindres A B & H I la quantité de poudre qu'ils contiennent, & à la place des cylindres A C & H K le cube de leurs axes, puiſqu'ils doivent être ſemblables, l'on pourra (pour trouver la longueur H K) dire: ſi deux livres de poudre, qui eſt la charge de la piéce de 4, donnent 216 pour le cube de ſon axe, combien donneront 12 livres de poudre, qui eſt la charge de la piéce de 24, pour le cube de l'axe de la même piéce? l'on trouvera 1296 pieds cubes, dont la racine cube eſt 11 pieds, moins très-

peu de choſe. Ainſi l'on voit que l'ame de la piéce de 24, pour être porportionnée à ſa charge par rapport à celle de 4, doit avoir 11 pieds de longueur; & comme l'ame de ces mêmes piéces n'a ordinairement qu'environ 9 pieds, ſelon ce principe, elles ſont trop courtes de 2 pieds.

On pourra trouver de même la longueur de toutes les autres piéces, lorſqu'elles auront leurs chambres cylindriques : car ſi elles étoient autrement, il faudroit prendre d'autres meſures.

Les piéces dont on ſe ſert ordinairement, n'étant point d'une longueur proportionnée à celle de la piéce de 4; & comme il n'y a point d'apparence qu'on les fonde toutes exprès pour les y faire convenir, il faut, puiſque la charge d'une piéce dépend de ſa longueur, comme la longueur dépend de la charge, faire voir comment on peut trouver la charge de toutes les piéces, en connoiſſant le calibre de la longueur. Comme les ames des piéces qui ne ſont point ſemblables, ſont dans la raiſon compoſée des quarrés des diamétres des piéces, & des axes des mêmes piéces, ſi l'on multiplie le quarré du diamétre de chaque piéce par l'axe, l'on pourra trouver la

charge qui convient aux piéces, puiſque ces charges doivent être dans la raiſon des produits des quarrés des diamétres des piéces, par les axes des mêmes piéces. Ainſi voulant ſçavoir la charge d'une piéce de 24 ordinaire, dont l'ame a 9 pieds de longueur, j'ai recours à la piéce de 4, pour en prendre le diamétre, qui eſt 3 pouces, que je quarre pour en multiplier le quarré par la longueur de l'axe, qui eſt 6 pieds, dont le produit eſt 54; enſuite je quarre le diamétre de la piéce de 24, qui donne 29 pouces 9 lignes 6 points, que je multiplie par l'axe, qui eſt 9, & le produit eſt 268. Après cela, je fais une régle de trois, en diſant : ſi 54, produit du quarré du diamétre de la piéce de 4 par ſon axe, donnent deux livres pour ſa charge, combien donneront 268, produit du quarré du diamétre de la piéce de 24 par ſon axe, pour la charge de la même piéce? l'on trouvera 10 livres moins quelque petite choſe. Ce qui fait voir que les piéces de 24, dont l'ame a 9 pieds de longueur, doivent être chargées à 10 livres de poudre, quand la piéce de 4 ſera chargée à la moitié de ſon boulet.

De la même façon, ſi l'on veut ſça-

voir quelle doit être la charge de la coulevrine de Nancy, par rapport à la piéce de 4, chargée à la moitié de ſon boulet, il faut être prévenu que cette piéce eſt de 18 livres de balle, que ſon diamétre eſt de 5 pouces 1 ligne 6 points, & que la longueur de ſon axe eſt de 20 pieds: ainſi faiſant la régle, on trouvera qu'elle doit être chargée à 20 livres de poudre.

Mais comme ſon métail ne réſiſteroit peut-être pas à une charge auſſi forte que celle-ci, il n'y a qu'à voir la longueur qui lui convient pour la charge de la moitié de ſon boulet, c'eſt-à-dire pour 9 livres de poudre, en diſant: ſi deux livres de poudre, qui eſt la charge de la piéce de 4, donnent 216 pour le cube de ſon axe, que donneront 9 livres de poudre, qui eſt la charge d'une piéce de 18, pour le cube de ſon axe, que l'on trouvera de 972, dont la racine cube eſt environ 9 pieds 11 pouces, qui eſt la longueur que devroit avoir l'ame de la coulevrine, pour être bien proportionnée? Ainſi l'on connoîtra que cette piéce eſt environ de 10 pieds plus longue qu'elle ne devroit être.

Depuis 1723, que j'ai écrit ce diſcours, j'ai fait des épreuves pour ſça-

voir quelle étoit la charge des piéces de différent calibre en uſage en France, pour chaſſer le boulet à la plus grande diſtance, ou pour battre en brêche avec le plus de violence qu'il eſt poſſible, afin que, partant de ce point, on pût la diminuer ſelon les occaſions, & jamais l'augmenter. J'ai fait mes premieres épreuves à l'Ecole de la Fere, dans le mois d'Octobre 1739, en préſence de Meſſieurs les Officiers d'Artillerie, en chargeant chaque piéce de 8, de 12, de 16 & de 24, avec des charges qui alloient en augmentant par gradation d'une demi-livre de poudre, en commençant par une charge égale à la huitiéme partie de la peſanteur du boulet, & qui finiſſoient par celle des deux tiers de la même peſanteur. L'on tiroit de ſuite quatre coups avec la même charge, dont on prenoit enſuite la portée moyenne. J'entends que pour le premier coup, la piéce de 16 a été chargée de deux livres de poudre; que la ſeconde charge a été de deux livres & demie; la troiſiéme de trois livres; la quatriéme de trois livres & demie; ainſi de ſuite juſqu'à dix livres & demie, qui eſt à peu près les deux tiers de 16, peſanteur du boulet. On en a uſé de même

pour les piéces des autres calibres, toutes pointées ſous l'angle de 45 degrés formé par la direction de l'ame avec l'horizon.

Ayant meſuré bien exactement toutes les portées de ces piéces pour chaque charge différente, j'ai reconnu que celle qui produiſoit le plus grand effet, c'eſt-à-dire qui chaſſoit le boulet à la plus grande diſtance, étoit à peu près égale au tiers de la peſanteur du même boulet, & que tout ce que l'on employoit de poudre au-delà, étoit en pure perte, parce qu'elle ne s'enflammoit qu'après que le boulet étoit ſorti de la piéce. Il eſt vrai, que plus l'on met de poudre dans un canon, plus la détonnation eſt forte, ce qui arrive également quand l'on tire ſans boulet : par conſéquent ces expériences ont fait voir que, pour le plus grand effet, il falloit charger la piéce de 8 de trois livres de poudre, celle de 12 de quatre, celle de 16 de cinq & demie, & celle de 24 de huit à neuf livres.

Ces épreuves ayant été conteſtées avec beaucoup de chaleur de la part de ceux qui ne les avoient point vûes ; la Cour ordonna qu'elles fuſſent répétées à Metz, en préſence de M. le Maréchal de Belle-

Iſle, qui étoit chargé de la part du Roi de veiller à leur exactitude, pour être en état d'en rendre compte à Sa Majeſté : elles eurent le même ſuccès qu'à la Fere, ayant auſſi reconnu qu'il falloit environ le tiers de la peſanteur du boulet pour la charge la plus forte ; mais on s'en eſt tenu à neuf livres pour celle du plus grand effet des piéces de 24.

Dans le mois d'Août de la même année, l'on a encore répété ces épreuves à Straſbourg, mais avec des circonſtances propres à les rendre plus exactes. L'on s'eſt ſervi d'une piéce de 24 bien conditionnée, que l'on a pointée ſous l'angle de 45 degrés, & maintenue inébranlable ; on ne s'eſt ſervi que de boulets bien calibrés & bien ébarbés. L'on verra dans le Traité du Jet des Bombes, que le canon tiré ſous l'angle de 45 degrés ſe trouve dirigé de la maniere la plus convenable, pour faire des épreuves deſtinées à juger de l'effet des différentes charges, parce que les portées des boulets qui partent ſous une direction au-deſſus ou au-deſſous de 45 degrés, ſont plus courtes avec une même charge, que ne ſont celles des boulets qui ſuivent la direction de l'ame pointée ſous cet angle ; d'où il ſuit que les

plus grandes portées ne doivent être attribuées qu'à la force de la poudre, & non pas aux accidens qui ne peuvent que les raccourcir.

L'on a employé un nombre de charges en progreſſion arithmétique, tirées de ſuite en augmentant d'une livre pour chacune, en commençant par huit livres, & finiſſant par vingt-quatre. L'on a reconnu que la charge de neuf livres de poudre avoit chaſſé le boulet à 2500 toiſes, & que toutes les autres charges plus fortes, juſqu'à celle de vingt-quatre, n'avoient jamais chaſſé le boulet plus loin, au grand étonnement de ceux qui en avoient douté. Le lendemain de cette premiere ſéance, l'on a répété les mêmes épreuves avec les mêmes charges; mais au lieu de commencer par huit livres de poudre, & finir par vingt-quatre, l'on a tiré le premier coup à vingt-quatre livres, & le dernier à huit, en ſuivant la même progreſſion des nombres naturels dans un ordre renverſé, & jamais les fortes charges ne l'ont emporté ſur celle de neuf livres.

Comme je n'ai point eu de part à ces dernieres épreuves, elles ne peuvent être ſuſpectées; ainſi elles conſtatent de la maniere la plus évidente, que la plus forte

charge du canon doit être à peu près du tiers de la peſanteur du boulet ; c'eſt-à-dire, que pour que le canon faſſe le plus grand effet dont il eſt capable, les piéces de 24 doivent être chargées de neuf livres de poudre : celles de 16, de ſix livres : celles de 12, de cinq livres ; & celles de 8, de trois livres. De plus fortes charges n'ont point augmenté l'effet des portées, au contraire, elles les ont rendu plus courtes.

Il y a encore une difficulté touchant les armes à feu, qui eſt de ſçavoir à quel endroit doit être poſée la lumiere, pour que la poudre faſſe un plus grand effet, & je ne crois pas que l'on ait encore rien déterminé là-deſſus. Les uns diſent qu'il faut la placer dans le milieu de la longueur de la chambre, parce que la poudre s'enflamme à la ronde, & en bien plus grande quantité : les autres ſont d'une opinion contraire, & veulent qu'elle ſoit placée à l'extrémité de la chambre, contre la culaſſe, diſant pour leur raiſon que la piéce n'a pas tant de recul.

Ces deux raiſonnemens ſont également vrais ; cependant comme les reſſorts de la poudre, auſſi-bien que tous les autres reſſorts, n'agiſſent avec plus ou moins de

violence, qu'autant que les corps qui leur réſiſtent, cédent plus ou moins vîte, il s'enſuit que, quand une arme à feu n'a preſque point de recul, c'eſt une marque que la poudre a trouvé ſi peu de réſiſtance pour chaſſer la balle, qu'elle n'a eu beſoin que de ſon premier effort; au lieu que ſi elle trouve beaucoup de réſiſtance vers la culaſſe & du côté de la balle, tous ſes efforts ſe débanderont en même-tems, & quoique le recul ſoit plus grand, la balle ira bien plus loin que ſi le canon n'avoit point eu de recul. Ainſi la lumiere étant placée dans le milieu de la chambre, les reſſorts agiront en bien plus grande quantité dans le même-tems que ſi elle étoit contre la culaſſe, où ces mêmes reſſorts ne peuvent agir que ſucceſſivement, puiſque la poudre s'enflamme ainſi; & ſi le boulet vient à partir dès que la poudre commence à s'enflammer, il arrivera encore qu'une grande partie ſera chaſſée hors de la piéce, ſans faire aucun effet. On voit par-là, que la lumiere placée dans le milieu de la chambre, convient beaucoup mieux que par-tout ailleurs: car, comme le canon ne recule qu'avec peine, à cauſe de la peſanteur de la machine & du frottement de l'affût contre la platte-forme,

il ſe

il ſe fait une réaction d'une grande partie de poudre qui agit contre la culaſſe, qui vient augmenter l'impulſion de celle qui chaſſe le boulet.

Je crois qu'il ne ſera pas hors de propos de déſabuſer ici ceux qui penſent que le boulet, en ſortant de la piéce, s'éleve au-deſſus de la même piéce, & qui s'imaginent qu'après avoir décrit une courbe, il reprend une direction horizontale, pour décrire après cela une autre courbe. La plûpart ſont ſi opiniâtres à ſoutenir cette erreur, que c'eſt en vain qu'on leur repréſente que la péſanteur du boulet, bien loin de permettre qu'il puiſſe s'élever au-deſſus de l'axe de la piéce, l'emporte au-deſſous, dès l'inſtant même qu'il ſort, & lui fait décrire une courbe, qui à la vérité eſt d'abord fort approchante de la ligne droite, mais qui devient ſenſible à meſure qu'il s'éloigne de la piéce. Une preuve à laquelle ils ont tous recours pour ſoutenir leur opinion, c'eſt, diſent-ils, que, quand on tire après une piéce de gibier à la chaſſe, il faut tirer un peu au-deſſous de l'animal, pour gagner la diſtance dont la balle s'eſt élevée au-deſſus du canon: mais cette raiſon ne vaut abſolument rien, & voici l'unique cauſe de cet uſage.

Si l'on attache un canon de fuſil ſur une petite planche, & qu'aux deux côtés de cette planche on mette deux tourillons, enſorte que le canon ſoit en équilibre ſur ces tourillons, comme les bras d'une balance, on verra que l'ayant chargé à balle, ſi l'on tire au-deſſus de l'horizon, la partie de la poudre qui agira contre la culaſſe, & qui cauſe ordinairement le recul, fera baiſſer la culaſſe, & par conſéquent lever le bout du canon: & comme cela ſe fera avant même que la balle ſoit ſortie du canon, il arrivera qu'elle ira au-deſſus de l'objet vers lequel on avoit pointé, parce qu'en ſortant, elle ira ſelon la direction de l'ame, & non pas ſelon celle du rayon viſuel, qui ne ſera plus la même, à cauſe du dérangement de la culaſſe. Or ſi l'on fait attention que le fuſil entre les mains du chaſſeur fait le même effet que je viens de dire, l'on verra, que quand on veut pointer juſte, il faut pointer au-deſſous de l'objet.

Cependant ce qui fait qu'il ſemble que le boulet à une certaine diſtance s'éleve au-deſſus de la piéce, c'eſt que la ſurface extérieure de la piéce n'étant point parallèle avec l'ame, le boulet emporté avec beaucoup de violence, approche

fort pendant un tems de la direction de l'ame : & comme cette direction ſe coupe avec celle de la ſurface de la piéce, ſi l'on prolonge ces deux lignes, celle de l'ame du canon paſſe au-deſſus de celle de ſa ſurface : & ſi le boulet ſuit encore à peu près la direction de l'ame au-delà de la ſection des deux lignes, il arrive en effet, que le boulet eſt au-deſſus de la ſurface de la piéce, mais non pas au-deſſus de la direction de l'ame prolongée. Il y a même apparence que les Fondeurs ont eu égard à l'obliquité de la ſurface de la piéce par rapport à l'ame, afin de rectifier la ligne courbe, pour tirer de but en blanc.

TRAITÉ DES MINES ET DES CONTRE-MINES.

PAR M. BELIDOR.

DE tout tems, on s'eſt ſervi des mines, dans l'attaque comme dans la défenſe des places, tant pour en ruiner les enceintes, que pour rènverſer les travaux des aſſiégeans. Mais la maniere d'en faire uſage, a été différente ſelon les tems; car, avant l'invention de la poudre, les Anciens, au lieu de faire ſauter les murailles en l'air, comme l'on fait à préſent, les renverſoient ſimplement, en ſappant leurs fondemens par-deſſous terre: ainſi l'on peut conſidérer les mines ſous deux points de vûe différens; l'un avant l'uſage de la poudre, & l'autre depuis qu'on s'eſt aviſé de l'y employer.

Pluſieurs perſonnes ont écrit des mi-

nes, mais la plûpart l'ont fait d'une maniere très-imparfaite & peu inſtructive, & tous en ont parlé différemment de ce qui ſe pratique aujourd'hui. Le Chevalier *de Ville* eſt celui qui en a écrit le plus ſçavamment; mais comme il n'étoit pas fondé ſur des expériences, comme on l'eſt à préſent, il n'a pû rien dire de bien poſitif à cet égard. Cet Auteur aſſure que les mines ſont de la plus grande antiquité; & en effet, on lit dans l'Ecriture Sainte, que *Saül* prit par ce moyen pluſieurs Villes des Amalécites, & l'on voit dans les Hiſtoriens anciens, que les Grecs, les Romains, & les autres Nations en ont fait uſage dans les différentes guerres qu'ils ont eu à ſoutenir, pour ſe faciliter la priſe des Villes qu'ils aſſiégeoient.

Dans ces tems reculés, on ſe ſervoit plus communément du bélier, pour abbatre les murailles des Villes qui étoient alors ſans remparts. Mais pluſieurs Ingénieurs & autres gens de guerre, ayant remarqué que l'on perdoit beaucoup de monde dans cette opération, pendant que l'on reſtoit ainſi au pied des murailles pour les ruiner, s'aviſerent d'en ſapper les fondemens par-deſſous terre, par le moyen des mines.

s'ouvrir dans le milieu de la Ville. Ils s'introduiſoient par cette ouverture, dans le moment que les aſſiégés étoient occupés à repouſſer les aſſauts que l'on faiſoit donner alors en même-tems à pluſieurs endroits de la place.

On lit auſſi, dans les Hiſtoires anciennes, que les Habitans des Villes aſſiégées, voyant que les aſſiégeans élevoient proche de leurs murailles des tours & autres machines d'une grandeur énorme, pour les eſcalader ou les accabler de traits, ſe ſervoient avec ſuccès du même expédient des mines, pour renverſer ces ouvrages, par le moyen des galeries ſouterraines, & des mines qu'ils faiſoient au-deſſous de ces tours.

A l'égard de l'autre eſpéce de mines, je veux dire, celles où l'on fait uſage de la poudre à canon, il eſt viſible que leur origine ne peut pas remonter plus haut que l'époque de l'invention de cette poudre, que l'on fixe à peu près vers l'an 1350. L'uſage des mines eſt même fort poſtérieur à cette date, puiſque ce n'eſt que vers l'an 1487, que *Pietro di Navarra*, Ingénieur Génois, en fit au ſiége de *Serezanella*, un premier eſſai qui lui réuſſit aſſez mal. Mais s'étant mis enſuite au ſervice des Eſpagnols qui aſſiégeoient

Naples, il fit une ſeconde tentative au Château appellé *dell'ovo*, qui ſert de citadelle à cette Ville, où il réuſſit beaucoup mieux. Car ayant fait ſauter par le moyen d'une mine, une partie de la muraille qui entouroit ce Château, les Eſpagnols, qui en attendoient l'effet, y accoururent & le prirent d'aſſaut.

Cette nouvelle maniere de faire jouer des mines par le moyen de la poudre à canon, ayant fait totalement abandonner l'ancienne, elle a été enſuite perfectionnée petit-à-petit par les différens eſſais des gens de guerre, & des Ingénieurs qui ont été chargés de les exécuter. Mais rien n'y a plus contribué que les ſçavantes recherches, & l'expérience conſommée du célébre M. *de Valliere*, qui peut être regardé comme le reſtaurateur de la Science des Mines, & qui l'a conduit au point de perfection où elle eſt portée aujourd'hui.

Pour faire voir les progrès que la Science des Mines a faits, en différens tems, depuis l'invention de la poudre, je diviſerai ce Traité en trois Parties. Dans la premiere, je ferai l'extrait d'un Manuſcript attribué à M. *de Vauban*, qui renferme en abrégé, tout ce que l'on ſçavoit alors de mieux ſur les mines.

Je donnerai dans la ſeconde, un Précis de la maniere dont on exécute préſentement les mines, relativement aux expériences qui ont été faites par ordre de la Cour, aux Ecoles d'Artillerie de *la Fére*, & ailleurs; la troiſiéme Partie traitera des contre-mines, tant celles qui ſe conſtruiſent pour la défenſe d'une place, à meſure qu'on en éleve les fortifications, que celles qui ſe font en tems de ſiége, pour aller au-devant du Mineur ennemi.

PREMIERE PARTIE.

Abrégé de la pratique des Mines, par M. de Vauban.

POUR avoir une parfaite connoiſſance des mines, il y a pluſieurs choſes à conſidérer; ſçavoir, l'endroit où l'on doit les ouvrir; comment on doit les conduire; comment on doit faire la chambre, qui eſt le lieu où l'on met la poudre; comme on la doit charger; & enfin, de quelle maniere on les doit fermer, & les mettre en état de faire leur effet.

Ceux qui ſe ſont ſervis des mines,

avant l'uſage de la poudre, ont cru, comme j'ai déja dit, avec quelque raiſon, qu'il étoit abſolument néceſſaire, pour les faire réuſſir, d'en ôter toute ſorte de connoiſſance aux aſſiégés. C'eſt pourquoi ils les ouvroient fort loin du lieu qu'ils vouloient attaquer, les conduiſant le plus ſecrettement qu'il leur étoit poſſible; les modernes, c'eſt-à-dire, ceux qui ſe ſont ſervis de la poudre dans les mines, juſqu'à nos premieres guerres, ont ſuivi cette maxime. En effet, il n'y a pas encore long-tems que l'on commençoit à ouvrir les mines dès le glacis du chemin couvert, & qu'on les conduiſoit ſous le foſſé, pour ôter aux aſſiégés la connoiſſance de l'endroit que l'on vouloit faire ſauter, & le moyen d'y remédier par des contremines.

Mais on a conſidéré depuis ces dernieres guerres, que la conduite de ces mines emportoit trop de tems, qu'il étoit difficile de faire tant de chemin ſous terre ſans ſe tromper; la bouſſole étant fautive, à cauſe des veines de mines de fer, que l'on y rencontre très-ſouvent, que l'on étoit obligé de faire un double travail dans la conduite de ces mines, parce qu'outre celui que l'on

faiſoit ſous terre, on étoit encore obligé d'en faire un autre ſur terre, pour conduire à couvert ceux qui étoient obligés de donner & de faire un logement ſur les ruines de la mine après ſon effet; que l'on pouvoit attacher le Mineur à la face du baſtion, ſans que les ennemis en euſſent connoiſſance, & qu'au pis aller, quand ils s'en douteroient, la hauteur des remparts & la maniere de conduire les mines avec des détours, leur pouvoient ôter les moyens de les éventer, ſur-tout ſi l'on faiſoit la diligence qui eſt néceſſaite en pareille rencontre.

Toutes ces conſidérations ont fait prendre le parti, dans les dernieres guerres, de paſſer le foſſé avant que d'ouvrir les mines, & d'attacher le Mineur à la face du baſtion, aux places régulieres. Mais quelques Ingénieurs ont fait difficulté, ſur l'endroit de la face où il étoit néceſſaire de l'attacher: quelques-uns voulant que ce fût vers la pointe, parce qu'après qu'elle étoit emportée, il étoit impoſſible d'être vû de l'ennemi dans le logement que l'on y faiſoit. Cependant l'on eſt depuis convenu, qu'il valoit mieux ouvrir la mine plus vers l'angle de l'épaule, que vers la pointe du baſtion; parce que l'on faiſoit très-ſouvent

fauter les retranchemens, lorſqu'il y en avoit dans le baſtion, en même-tems que la muraille.

Je ne dirai point de quelle maniere on doit faire paſſer le foſſé au Mineur, & comment on lui doit faciliter les moyens de s'attacher à la face du baſtion, en ayant parlé ſuffiſamment à l'occaſion du paſſage du grand foſſé, dans mon *Traité de l'Attaque des Places;* mais je dirai ſeulement, que l'entrée de la mine doit être épaulée du côté du flanc, par les ruines de la muraille que l'on doit avoir bâtie pour cet effet, & qu'elle doit outre cela être couverte de madriers garnis de fer blanc, ou couverts de peaux de bœuf fraiches.

L'entrée de la mine doit être de trois pieds & demi, ou de quatre pieds en quarré, pour un ſimple fourneau, & de quatre pieds & demi, ou de cinq pour une mine; afin qu'un homme y puiſſe travailler facilement, & qu'il y en puiſſe paſſer deux en même-tems ſans peine.

Si le Mineur travaille dans une muraille, la liaiſon de la maçonnerie ſoutient ſon travail, de ſorte qu'il n'eſt pas obligé de l'étayer; mais s'il travaille dans la terre, il faut de néceſſité qu'il l'empêche de s'ébouler, en mettant des

madriers de la largeur de la mine, & qu'il les ſoutienne aux deux extrémités avec de bons étançons, conduiſant ſon travail juſqu'au bout.

Il ſe ſert de la bouſſole & de la fauſſe équerre, pour aller à l'endroit qui lui a été marqué par l'Ingénieur, ne ſe contentant pas de la ſeule bouſſole, qui peut manquer à cauſe des veines de mines de fer, que l'on rencontre ſouvent en terre, comme j'ai dit, mais ſe ſervant de l'un & de l'autre en même-tems, pour voir s'ils ſe rencontrent tous deux, & pour être par ce moyen plus aſſuré de ce qu'il fait.

On conduiſoit autrefois les mines, ſans faire des détours; mais on a trouvé depuis que l'effet de la poudre n'étant arrêté que par les obſtacles que l'on mettoit dans le canal de la mine, pour lui réſiſter, elle les emportoit très-ſouvent, & ſortoit par l'entrée, au lieu de renverſer les murailles & le terrein qui étoit deſſus; ce qui a obligé de les conduire avec un ou deux détours, afin que ſi la poudre emportoit les traverſes dont on fermoit la chambre & le dernier canal, elle trouvât de la réſiſtance contre le terrein ſolide du premier détour qu'elle trouvoit devant ſoi, & qu'elle fît par ce moyen, ſon effort contre

tout le terrein de deſſus & des environs ; ce qui eſt facile à comprendre ſans le ſecours d'aucune figure.

Cette maniere de conduire les mines, a été ſuivie de tout le monde ; mais les uns les ont pouſſées plus avant, les autres moins, s'arrêtant dans le corps de la muraille. M. *d'Aſpremont* a trouvé par les dernieres épreuves de mines, que l'on a faites dans la démolition de *Dole* en Franche-Comté, qu'elles faiſoient beaucoup plus d'effet, lorſqu'après avoir conduit le premier canal en ligne droite, au travers la muraille, on tournoit à droite ou à gauche, & l'on conduiſoit le ſecond dans le terrein le long de la muraille, & qu'enſuite on faiſoit la chambre de la mine, moitié dans la muraille & moitié dans le terre-plein ; ſuppoſé, comme il arrive quelquefois, qu'il n'y eût point d'ouverture entre la muraille & la terre. On a trouvé par les mêmes épreuves, que ſi en conduiſant le ſecond canal, le long de la muraille, on trouvoit un arcboutant ou contre-fort, il valoit mieux tourner autour que de le percer, parce qu'il ſervoit encore à arrêter l'effort de la poudre, qui ſe jette toujours du côté qui a été ouvert, ſi elle ne trouve de grands obſtacles.

Il y en a qui ont cru, qu'après avoir fait le premier canal de la mine, il valoit mieux en tirer deux autres à droite & à gauche, & faire aux deux extrémités de ces canaux deux chambres différentes, que de n'en faire qu'une; mais outre l'inconvénient qu'il y a de ne pouvoir que difficilement donner feu aux deux fourneaux en même-tems, on a trouvé par les mêmes épreuves de *Dole*, qu'elles faiſoient beaucoup moins d'effet de cette maniere, que de la premiere, quoiqu'on eût heureuſement donné feu aux deux fourneaux en même-tems.

Si l'on mine dans la terre, il faut pouſſer ſon premier canal plus loin que dans une muraille; cela dépend du jugement de l'Ingénieur, & de la maniere dont il ſçait que le baſtion qu'il veut faire ſauter eſt terraſſé; car il y a plus de ſûreté à miner dans un baſtion plein, que dans un vuide, dont le rempart n'eſt ſouvent que de douze ou treize toiſes.

Lorſqu'un baſtion eſt contre-miné, c'eſt-à-dire, qu'il y a quelque galerie dans le corps de la muraille, il faut de néceſſité faire deux petits fourneaux dans l'épaiſſeur du mur pour ouvrir la galerie, après quoi il la faut fermer de deux côtés, & faire une ſeconde mine dans

le reſte de la muraille & dans le rempart.

Je ne dirai rien des mines, que l'on ouvroit dès la tête de la tranchée & dès le glacis de la contreſcarpe, ni de celles que l'on conduiſoit ſous l'eau, parce que cela ne ſe pratique plus. Le Chevalier *de Ville* en donne la maniere, en faiſant des puits capables de tenir quatre hommes à côté les uns des autres; enſorte que l'on ſe peut donner la terre de l'un à l'autre, il les nomme à *caſcanes*.

Il n'eſt guéres plus néceſſaire de parler des moyens qu'il y a de faire entrer de l'air dans une mine, lorſque les travailleurs ont peine à y reſpirer, & à y tenir de la lumiere, parce que cela n'arrive que rarement aux mines que l'on fait aujourd'hui. Cela arrivoit aſſez ſouvent à celles que l'on ouvroit de fort loin, & l'on y remédioit en ſecouant quelqu'étoffe dedans pour agiter l'air, ou, quand le mal preſſoit davantage, on conduiſoit un petit canal de bois d'un demi pied en quarré, juſques dehors l'entrée de la mine, où l'on ajuſtoit des ais pour y faire entrer le vent. On ſe ſervoit auſſi, à la derniere extrémité, de gros ſoufflets, ce qui eſt aſſurément

la meilleure & la plus assurée maniere pour remédier aux inconvéniens que j'ai dits.

Après que le Mineur a conduit sa mine jusqu'à l'endroit qui lui a été marqué par l'Ingénieur; si le bastion est revêtu, il fera, comme j'ai dit, la chambre de la mine, moitié sous la muraille & moitié sous le rempart, d'une forme ovale, sans s'amuser à perdre le tems à la faire quarrée & à rechercher les angles. Il la fera de la grandeur que demande la quantité de poudre qu'il est nécessaire de mettre dedans: car il doit prendre garde par-dessus toutes choses, à la proportionner à la pesanteur de la muraille & du terrein qu'il veut faire sauter; parce que, s'il y en met trop peu, la mine ne fera point d'effet, & s'il en met trop, elle ne fera que son trou, enlevant avec trop de violence ce qui sera au-dessus, sans renverser ce qui sera aux deux côtés; c'est en cela que le jugement d'un Ingénieur & d'un Mineur doivent paroître. On met dans les mines ordinaires, neuf ou dix barils de poudre, d'un quintal chacun; & l'on va jusqu'à vingt ou trente, selon la hauteur des bastions que l'on veut faire sauter: on n'en met que deux ou trois dans

les fourneaux, qui ne différent des mines, que par la grandeur & par la quantité de poudre que l'on met dedans.

Le Mineur doit obſerver, en faiſant la chambre de la mine, d'en faire le plancher un peu en pente, du côté qu'il veut qu'elle faſſe ſon effet, c'eſt-à-dire du côté du foſſé, qu'il eſt avantageux de combler des ruines du baſtion, parce que l'on a trouvé par les mêmes expériences de *Dole*, que ce moyen étoit aſſuré pour faire agir la poudre du côté que l'on ſouhaitoit.

Le Chevalier *de Ville* donne un autre moyen, qui eſt de laiſſer quelque vuide dans la chambre du côté du foſſé, & dit l'avoir éprouvé pluſieurs fois : l'un & l'autre ſont aiſés à pratiquer.

Il n'eſt pas néceſſaire de dire que le moyen le plus aſſuré pour empêcher qu'une mine ne ſoit éventée, eſt d'employer toute la diligence imaginable à la mettre en état ; mais ſi nonobſtant cela, un Mineur appréhende que l'ennemi ne travaille à le chercher, il peut avec une tarriere à une ou pluſieurs piéces, pour lui donner toute la longueur qu'il voudra, faire quelques trous dans le terrein par où l'ennemi peut venir, & prêter l'oreille à ces trous, pour

entendre ſi l'on travaille près de lui.

Après que la chambre eſt en état, le Mineur range les barils de poudre proche les uns des autres, obſervant de les ouvrir par bas, afin que la poudre étant répandue, prenne feu par-tout en même-tems; mais ſi la muraille & même le terrein ſont ſecs, il pourra répandre la poudre dans la mine ſans barils. Si le terrein eſt humide, il mettra la poudre dans des ſacs de toile goudronnée, obſervant de leur donner quelques taillades dans leur longueur: ſi le tranſport des barils eſt trop difficile, on pourra pareillement ſe ſervir de ſacs de coutil, pour mettre la poudre.

Les barils étant rangés, le Mineur ſe ſert d'une ſauciſſe, pour y donner feu en même-tems; cette ſauciſſe eſt proprement une petite chauſſe de toile, large de deux ou trois pouces & auſſi longue que la mine, que l'on remplit de poudre fine. On en met un des bouts au milieu de la poudre répandue dans la chambre, & on la conduit le long de la mine juſqu'à l'entrée, ſur de petits ais, afin qu'elle ne contracte point d humidité. On la couvre enſuite de pluſieurs piéces de bois, creuſées en forme de goutiere, afin que les traverſes, les pierres,

& autres matieres dont on ferme la mine, ne l'écraſent point, & n'empêchent point le feu de paſſer; & ſi la mine eſt fort humide, pour plus grande ſûreté, on pourra goudronner la ſauciſſe.

Après cela, le Mineur ferme la chambre de la mine avec de bons ais épais de trois pouces, plus longs que la largeur du canal de la mine; afin qu'étant mis en dedans de la chambre, qui eſt plus large que le canal, & qu'étant ainſi arrêtés, ils réſiſtent à l'effort de la poudre. Il les arcboute outre cela, par derriere avec de bons étançons mis en croix de Saint André, dont une des extrémités entre dedans le terrein du côté de la mine. Il remplit enſuite ce vuide avec de la terre ou des pierres, & fait une muraille ſéche, dont il remplit les vuides avec du grand fumier; après quoi il met une ſeconde traverſe d'ais qui entrent dans les entailles que l'on fait aux deux côtés de la mine. Il arcboute ceux-ci comme les premieres, & remplit le vuide de terre ou de pierres, continuant ainſi juſqu'à l'entrée de la mine qu'il ferme bien, en ne laiſſant de jour que pour paſſer la tête de la ſauciſſe, dont la poudre doit être préparée pour faire une longue fuſée, & pour donner le

tems à celui qui met le feu de ſe retirer.

Après avoir dit de quelle maniere on conduit les mines, il n'eſt pas hors de propos de dire quelque choſe de la maniere dont les aſſiégés tâchent de s'en garantir, en les contre-minant.

Si le baſtion eſt vuide, les aſſiégés ont beaucoup de facilité à percer le rempart en pluſieurs endroits, pour aller chercher le Mineur à celui où ils jugent qu'il peut s'être attaché.

Mais s'il eſt plein, ils font des puits à l'endroit où ils croyent que le Mineur doit travailler, obſervant, s'il ſe peut, de les faire de maniere qu'ils ſervent au foſſé de leur retranchement; après quoi ils conduiſent du fond de ces puits, quelques canaux du côté qu'ils s'imaginent que l'on travaille.

Il y a pluſieurs manieres de le reconnoître: comme en mettant des tambours ſur le terre-plein, ou au fond des puits, avec des dez, des pois, ou des grelots deſſus, parce que chaque coup que donne le Mineur qui travaille deſſous, les fait ſauter.

On reconnoît la même choſe avec des baſſins pleins d'eau mis ſur terre, parce que l'on ne peut travailler deſſous, que l'on ne la voye treſſaillir.

Il y en a qui ſe ſervent d'une éguille ſuſpendue au bout d'un fil au-deſſus d'un baſſin profond, comme celui d'un barbier, prétendant que les coups que l'on donnera deſſous le terrein ſur lequel ſera le baſſin, feront ſonner l'éguille contre le baſſin.

D'autres ſe ſervent d'une plaque de fer épaiſſe d'un demi-doigt, que l'on ajuſte bien ſur le terrein, enſorte qu'il n'y ait point d'air deſſous, prétendant que l'on ne peut pas travailler ſous cette plaque de fer, que l'on n'entende tous les coups, en mettant l'oreille deſſus.

Lorſque les aſſiégés ont reconnu l'endroit où les aſſiégeans travaillent, ils tâchent d'y conduire un canal, obſervant de faire la derniere diligence, lorſqu'ils n'entendent plus les coups de pics, parce que c'eſt ſigne que l'on travaille à fermer la mine. S'ils trouvent la chambre fermée, ils en dérobent la poudre, après avoir jetté de l'eau deſſus; & s'ils rencontrent les Mineurs, ils tâchent de les chaſſer à coups de main, & à coups de grenade, ou en ſe retranchant dans la mine, & laiſſant derriere leur retranchement quantité de matieres puantes allumées, pour étouffer les aſſiégeans s'ils viennent à la r'ouvrir. C'eſt pourquoi, ceux-ci ne

doivent

doivent point s'obſtiner à vouloir forcer ces retranchemens, que les aſſiégés auront faits dans la mine pour en fermer le paſſage, mais ils doivent plutôt travailler à faire une nouvelle chambre ou une autre mine.

SECONDE PARTIE.

Maniere dont on exécute les mines préſentement.

AVANT que de parler de l'uſage de la mine, je dois donner la maniere de la faire, & établir quelques principes connus de très-peu de perſonnes, pour faire voir combien la ſcience des mines s'eſt perfectionnée, depuis que M. *de Valliere* en a fait un Art nouveau, en joignant le raiſonnement à l'expérience.

On commence la mine par l'ouverture d'un puits, que l'on approfondit ordinairement juſqu'au niveau du terrein où l'on veut établir le fourneau. Je dis ordinairement, parce qu'on fait quelquefois ce puits plus bas, pour y recevoir les eaux qui peuvent filtrer à travers les terres dans les galeries: d'autres fois on le fait plus haut, pour

abréger l'ouvrage, pour éviter de paſſer dans un mauvais terrein, ou pour quelqu'autre raiſon de pareille nature. On donne à ces puits trois à quatre pieds de largeur.

Si malheureuſement on rencontre du ſable mouvant en creuſant ce puits, on eſt obligé alors de coffrer, c'eſt-à-dire, que l'on ſoutient les terres de part & d'autre, avec de grandes doſſes ou planches, contenues de chaque côté, par des arcboutans mis en travers du puits. A meſure qu'on l'approfondit, on ſe précautionne de même, contre les accidens que peut occaſionner ce mauvais terrein. On pratique la même choſe pour les galeries & les rameaux dont on va parler.

Lorſque le puits eſt entiérement creuſé, on ouvre la galerie ordinairement ſur l'eſpace néceſſaire à un Mineur, pour travailler à genoux, & pour pouvoir donner la manne qu'il remplit de terre à un autre Mineur, qui eſt derriere lui pour la recevoir. Cet eſpace eſt entre deux pieds & demi, & trois pieds de largeur ſur quatre pieds & demi de hauteur. Cette premiere galerie n'a point de longueur déterminée, puiſqu'elle dépend de l'éloignement du lieu où l'on veut

établir le fourneau ; on les fait les plus courtes que l'on peut, pour épargner du tems & de l'ouvrage ; cependant quand on eſt maître de ſon terrein, on la fait entre vingt à trente pieds de longueur.

Enſuite de la galerie ou capitale, on ouvre un rameau de même largeur, on fait un autre retour, puis un autre, & enfin, tant que la hauteur des terres que l'on a à faire ſauter le demande ; car douze pieds de hauteur de terre demandent au moins vingt-quatre pieds de galerie, ſans compter deux ou trois retours ou rameaux, qui n'ont point de longueur déterminée, mais que cependant on peut fixer entre douze & huit pieds ; ils doivent être à angle droit, pour la raiſon que j'en donnerai dans la ſuite.

Au bout du dernier retour ou rameau, on établit le fourneau, que l'on ne fait que de la capacité requiſe pour contenir ce que l'on a à y mettre de poudre, c'eſt-à-dire entre trois ou quatre pieds cubes.

La chambre du fourneau doit être plancheyée tout au tour, par une eſpéce de coffre, par-deſſus lequel on met encore de la toile cirée, qui eſt merveilleuſe pour empêcher que la poudre ne

tire de l'humidité de la terre. Quoique ce ne ſoit pas une néceſſité de prendre toujours cette derniere précaution, principalement lorſque le terrein n'eſt pas beaucoup humide; ou que l'on fait ſauter la mine auſſi-tôt qu'elle eſt chargée, ce qui fait qu'elle n'a pas le tems de prendre de l'humidité; néanmoins, pour plus grande ſûreté, je voudrois qu'on eût toujours cette précaution, qui coûte trop peu de dépenſe, pour ſe mettre au haſard de manquer une mine.

On met la poudre dans des ſacs, que l'on ouvre quand on charge le fourneau, ſur le plancher duquel on répand un peu de poudre, à laquelle communique le ſauciſſon renfermé dans une auget de bois creux, de deux doigts cubes, fait de deux morçeaux qui s'emboëtent l'un dans l'autre.

L'entrée de la chambre du fourneau doit être bien fermée avec de gros madriers arrêtés par une croix de Saint André; de ſorte que la clôture en ſoit juſte, & les vuides entiérement bouchés avec du fumier ou avec de la terre détrempée.

Derriere cette porte on fait une maçonnerie de quatre rangs de briques ſeulement, ou ſur toute la longueur du

premier rameau, principalement, s'il eſt court ; cela dépend de la fantaiſie du Mineur, qui veut donner plus ou moins de ſolidité à l'entrée de ſon fourneau. Mais ſi l'on ne fait que quatre rangs de briques, le reſte du rameau ſera maçonné avec du moëlon & de la terre détrempée, le fumier n'étant pas ſuffiſant, comme le prétendent quelques-uns.

Lorſqu'on ſera au prochain retour, ou angle, ſi l'on n'a fait dans le premier rameau que de la maçonnerie de moëlon, on maçonne encore quatre rangs de briques, pour ſervir de parement à la porte qu'on y doit mettre, pareille à celle du fourneau, ſoutenue avec de bons arcboutans & des piédroits. On en fait de même à chaque retour de rameau, qu'on remplit auſſi de maçonnerie, comme le premier.

Enfin, toute cette maçonnerie de briques & de moëlon ſe termine dans la galerie capitale par quatre rangs de briques & de moëlon. Le ſauciſſon contenu dans l'auget, ſe continue un peu plus loin que cette maçonnerie, au bout duquel on met une traînée de poudre qui communique au puits, où l'on deſcend un Mineur, par le moyen d'un tourniquet qui a ſervi à tirer les terres

de l'excavation de la mine, dans des mannes. Ce Mineur met le feu à la traînée de poudre, avec une mêche plus ou moins longue, ſelon le tems qu'on veut donner à la mine pour faire ſon effet.

L'incertitude où les Mineurs ont toujours été, de l'excavation des terres dans l'effet de la mine, engagea, il y a quelques années, le plus habile Mineur * qu'il y ait jamais eu, d'y faire quelqu'attention; & après en avoir examiné les circonſtances, il brûla quelques milliers de poudre, pour faire les épreuves qu'il avoit méditées.

* M. de Valliere.

Au quatriéme fourneau qu'on fit jouer, on fut entiérement convaincu de la réuſſite des mines, par les effets juſtes qu'on remarqua dans l'ouverture des terres.

On remarqua donc que le diamétre de la ſuperficie des terres enlevées, eſt toujours du double de la hauteur de la terre, à prendre depuis le fond du fourneau juſqu'à cette ſuperficie.

Mais comme on ne put pas connoître l'effort que la poudre faiſoit ſur les terres qui environnent le fourneau, quelque recherche que l'on en fît, la même perſonne, à qui nous devons la meilleure connoiſſance des mines, s'imagina

qu'il falloit faire le toiſé de l'effet de la mine, en prenant l'eſpace du fourneau pour deux toiſes de diamétre, qui rapporté à celui de ſa ſuperficie, dont on prend la moitié, donne une toiſe juſte.

Quoique cette meſure de deux toiſes ſoit priſe en l'air & ſur un faux fondement, cela n'a pas empêché que l'on ne ſoit parvenu à ſon deſſein; puiſque, ſuivant les ſupputations que l'on a faites ſur ce principe, les opérations ſe ſont toutes trouvées juſtes depuis, & l'on n'en a pas manqué une, excepté celles que l'on a bien voulu manquer exprès, pour être plus convaincu de la choſe.

Le fondement ſur lequel on peut marcher ſûrement dans l'exécution des mines, eſt la proportion qui eſt entre la poudre & les corps qu'elle enleve, ſoit terre, roc, ou maçonnerie. Car, il eſt conſtant que deux onces de poudre, enlevant, par exemple, la quantité de deux pieds cubes de terre, douze livres & demie doivent en enlever par conſéquent la quantité de deux cent pieds; ce qui s'eſt trouvé vrai.

Ce qui doit ſuffire pour comprendre, qu'en ajoutant ou diminuant ſelon le degré de force de la poudre, & la pé-

ſanteur de la terre & de la maçonnerie, on en peut enlever telle portion qu'on voudra.

Le Mineur doit obſerver que la poudre agiſſant toujours contre le côté le plus foible, il doit prendre ſes précautions, pour qu'il n'y ait aucun vuide autour de ſon fourneau; qu'il y ait une fois & demie autant de ſolide entre le vuide & le fourneau, qu'il y en a entre ce dernier & la ſuperficie des terres que l'on veut enlever. Car par les expériences que l'on en a faites, des galeries qui ſe ſont trouvées éloignées de douze pieds perpendiculairement & horiſontalement du fourneau, lequel devoit faire hauter douze pieds de hauteur de terre, ont été crevées & rendues inutiles par l'effort de la poudre.

Ce qui fait, que ſi l'on trouvoit quelque galerie qui fût deſſous, ou à côté du fourneau, ou quelqu'autre vuide dont on pût être le maître, il faudroit néceſſairement le remplir de maçonnerie le plus juſte que l'on pourroit, ſur la longueur d'une fois & demie de la hauteur des terres, comme je l'ai déja dit. Car non-ſeulement cette galerie ou vuide creveroit, mais auſſi empêcheroit l'effet du fourneau; c'eſt-là la raiſon

pourquoi on maçonne les galeries & les rameaux que l'on ouvre pour une mine.

Plus il y a de terres enlevées, plus la mine fait d'effet, quoique la proportion de la poudre s'y trouve; c'eſt-à-dire, pour m'expliquer plus clairement, que, ſi deux cent livres de poudre font ſauter douze pieds de hauteur de terre, trois cent livres qu'il faut, à proportion, pour en faire ſauter dix-huit pieds, agiront & feront beaucoup plus d'effet ſur ces dix-huit pieds de terres, que les deux cent livres ſur les douze pieds: l'expérience le fait connoître.

La poudre fait le même effet ſur la maçonnerie que ſur la terre, c'eſt-à-dire qu'à même proportion on enleve avec la même activité l'une que l'autre.

Lorſque la mine fait ſon effet, elle preſſe circulairement les terres des environs du fourneau qu'elle n'enleve point, puiſqu'elle fait crever les vuides & les galeries qui en ſont moins diſtantes qu'à une fois & demie autant que la hauteur des terres à enlever; c'eſt ce que j'appelle *globe de compreſſion.*

Le débris d'une mine chargée avec une juſte proportion, s'éleve entre vingt & vingt-cinq pieds de hauteur; & lorſqu'il retombe, il reſte au milieu de

l'effet de la mine un creux de deux, trois, quatre, ſix, neuf pieds plus ou moins, ſelon la force de la mine; c'eſt ce que l'on nomme *l'excavation de la mine.*

Quand les rameaux ſont trop profonds & trop éloignés du puits par où l'on tire les terres, c'eſt une néceſſité de faire pluſieurs puits, pour leur donner de l'air davantage, ſans quoi l'on ne pourroit y travailler; & l'impoſſibilité de faire ces ſeconds puits, empêche bien ſouvent l'exécution des mines, comme je le ferai remarquer ailleurs.

On m'objectera ſans doute, qu'il eſt inutile de ſe donner tant de peine, pour chercher la véritable proportion de la poudre, pour enlever ſoit de la terre, ſoit de la maçonnerie, puiſqu'il n'y a qu'à mettre toujours plutôt plus que moins de poudre dans le fourneau.

Il eſt aiſé de répondre à cette objection, qui ne peut être faite que par des perſonnes qui ne ſçauront pas les effets de la poudre, & qui n'auront aucune connoiſſance des mines, en la maniere ſuivante.

Premiérement, c'eſt toujours beaucoup que de n'être point expoſé à charger trop peu la mine, en connoiſſant

ſa juſte proportion, afin qu'elle ne manque pas ; car, malgré le raiſonnement de ceux qui diſent qu'il n'y a qu'à mettre beaucoup de poudre, il y a néanmoins des occaſions, où par ignorance, ils croiroient avoir mis trop de poudre, & où cependant ils en auroient mis trop peu.

Secondement, trop de poudre contre peu de réſiſtance, agit moins que ſi l'une & l'autre étoient proportionnées. En effet, la premiere ne fait qu'un trou, lorſqu'elle eſt employée en trop grande quantité, enlevant avec grande violence, ſeulement ce qui ſe rencontre perpendiculairement ſur le fourneau.

3°. Suivant ce que je viens de dire, quand on veut faire ſauter une partie du revêtement de la contreſcarpe, ou du corps de la place, pour deſcendre dans le foſſé, ou pour monter à la brêche, par le talud naturel du débris de la mine, on ne le ſçauroit faire, parce qu'elle écarte trop les terres & la maçonnerie, quand elle eſt trop chargée ; ce qui empêche la brêche de ſe former.

4°. Ces mines trop chargées nuiſent quelquefois à ceux même qui les font jouer, par les éclats qu'elles envoyent plus loin que les autres.

5°. Enfin, c'eſt une épargne que de ſçavoir ne point mettre plus de poudre qu'il n'en faut, pour charger un fourneau.

Pour régler exactement cette proportion, il faut connoître le degré de force de la poudre que l'on employe; ce qui ſe fait par l'éprouvette & par la connoiſſance de la peſanteur des terres.

Elles ſe peuvent réduire aux terres remuées, au ſable ſec, à l'argile & à la terre graſſe.

Le pied cube de terres remuées, péſe ordinairement 90 livres.

Celui de ſable ſec, 105 liv.

Celui d'argile, 100 liv.

Et celui de terre graſſe, 115 liv.

A l'égard de la maçonnerie, le pied cube de pierres blanches péſe 105 liv.

Celui de pierre à fuſil, 130 liv.

Celui de pierres dures, comme graiſſerie de Tournai, 125 liv.

Celui de grès, 120 liv.

Celui de briques, 90 liv.

Ces pieds peuvent être différens, ſelon les lieux, ou les qualités de terre & de maçonnerie; mais cette différence ne peut pas aller bien loin.

Ainſi, lorſqu'on a à faire jouer une mine, il faut connoître la qualité du

terrein que l'on veut faire ſauter, pour en ſçavoir la peſanteur, & y proportionner la poudre, ſuivant ſon degré de force.

Quoique pluſieurs perſonnes prétendent que l'on puiſſe faire retomber les débris d'une mine de tel côté qu'on voudra, en faiſant le plan du fourneau incliné de ce côté-là; néanmoins, cela ne s'eſt point trouvé véritable, par les expériences que l'on en a faites, & les terres ſe ſont élevées & ſont retombées perpendiculairement, comme à l'ordinaire; ce qui me ſurprend, d'autant plus que ceux qui en ont parlé dans leurs Ecrits, l'aſſurent ſi poſitivement, qu'il ſemble qu'on n'en doive pas douter. Mais la plûpart de ces Meſſieurs aſſurent ſouvent une choſe ſans l'avoir jamais expérimentée, & ils s'en tiennent à leurs raiſonnemens, qui font manquer ceux qui les ſuivent.

Si le débris d'une mine peut aller d'un côté plutôt que d'un autre, ce ne peut être que lorſque la poudre trouve moins de réſiſtance de ce côté-là; mais dans un terrein ſolide également par-tout, mon ſentiment eſt, que cela ne ſe peut, la poudre agiſſant également de tous côtés.

Les retours à angle droit ſur tous les rameaux, que l'on fait d'une longueur raiſonnable, pour plus grande ſûreté, ſe font de cette figure afin de diminuer davantage l'effort de la poudre: car comme la maçonnerie qui ſe fait dans chaque rameau, n'a pas la ſolidité de la terre qui en eſt proche, & qu'il pourroit même y avoir quelque petite ouverture, qui donneroit lieu à la poudre d'agir plus violemment par cette partie de rameau, il eſt certain qu'elle perd du moins la moitié de ſa force au premier retour, en rencontrant la ſolidité du terrein contre lequel elle agit directement, & auquel la maçonnerie du rameau communique du moins la moitié de la force que la poudre lui a imprimé; cette force diminue toujours à tous les retours, de maniere qu'elle ſe perd entiérement; ce qui n'arriveroit pas, ſi la galerie & les rameaux étoient ſur une ligne droite juſqu'au fourneau.

Après avoir examiné la conſtruction des mines & leurs principes, j'en dois faire de même de ſes uſages, qui ſont premiérement, de faire une brêche aſſez conſidérable à quelque revêtement que ce puiſſe être, pour favoriſer, dans un ſiége, le logement que l'on voudroit

établir deſſus ou au pied du talud naturel que les terres de ſon débris forment.

2°. De faciliter la deſcente du foſſé, & de donner les moyens de le combler par ce même débris.

3°. On ne peut ſans les mines, faire des brêches aſſez conſidérables, pour monter aiſément à l'aſſaut; c'en eſt la maniere la plus uſitée préſentement.

4°. C'eſt avec les mines que l'on emporte quelqu'ouvrage, ou dans une place, ou ailleurs, comme demi-lune & redoute, & places d'armes, dans la campagne.

5°. Les mines ſont le moyen le plus ſûr pour détruire une batterie.

6°. Enfin, c'eſt avec les mines que l'on s'établit dans un paſſage, à une brêche & en quelqu'endroit que ce puiſſe être, que l'on trouble l'ennemi dans ſes travaux, qu'on l'empêche d'avancer; rien n'intimide plus le ſoldat, que la penſée d'une mine qu'il doit eſſuyer.

Les mines ne laiſſent pas d'avoir quelques déſavantages, car elles ſont d'une longue & quelquefois d'une pénible exécution; & de la maniere dont on les fait préſentement, elles ne peuvent contenir qu'une perſonne de front, encore

y eſt-elle fort mal à ſon aiſe ; ce qui donne la facilité à l'ennemi, lorſqu'il la découvre, d'en pouvoir abſolument empêcher l'exécution par ſes contre-mines.

On peut cependant remédier à ces deux inconvéniens, comme je le ferai voir dans l'attaque des places & dans la défenſe, ne voulant point confondre ce qui regarde un traité avec la matiere d'un autre ; ne faiſant celui-ci que pour donner une entiere connoiſſance de la conſtruction des mines, de leurs principes & de leur travail, en général. Je finirai ce petit Traité des Mines, par les remarques ſuivantes.

1°. Il eſt très-difficile de miner du roc, pour ne pas dire, qu'il eſt inutile de le tenter, lorſque l'eſcarpe & la contreſcarpe y ſont taillés, parce que, pour faire une brêche ſuffiſante dans des ſemblables matiéres, il faudroit y trop enfoncer, & par conſéquent y employer bien du tems.

2°. Quand dans l'excavation de la mine on rencontre un rocher de peu d'étendue, on conduit ſa galerie tout autour, juſqu'à ce que l'on ait trouvé le deſſus de l'endroit que l'on veut faire ſauter ; ſuppoſé que l'on puiſſe tirer de l'air ſuffiſamment d'un puits pour y travailler,

vailler, & y reſpirer facilement.

Pour trouver préciſément l'endroit qu'on veut miner, on en meſure la diſtance géométriquement, comme ſi je voulois établir un fourneau ſous le point A, & que je fuſſe le maître d'aller de B en C, je ferois premiérement une ſtation au point B, en dirigeant la pinnule immobile de mon inſtrument de B en C, & je verrois avec l'autre pinnule, de quelle ouverture ſeroit l'angle A B C. Enſuite faiſant la même opération à la ſtation C, je connoîtrois le triangle A B C, puiſque les angles A B C, A C B, & le côté C B me ſeroient connus ; ce qui me donneroit la diſtance qu'il y auroit, du lieu que je voudrois faire ſauter, au puits qu'il me faudroit ouvrir pour commencer ma mine, comme en B. Ayant donc creuſé le puits à la profondeur requiſe, je me conduirois en A ſous terre, par le moyen de la bouſſole, ſuivant toujours la diſpoſition où elle ſe ſeroit trouvée à l'ouverture du puits ; & pour peu dans le travail qu'elle déclinât, je me remettrois dans cette même direction, en travaillant toujours par retours à angle droit, juſqu'à ce que, ſuivant mon calcul & la direction de la bouſſole, je me trouvaſſe ſous A. Planche I. Fig. 5.

Mais, comme on peut ſe tromper avec la bouſſole, parce que s'il y avoit proche quelque miniere de fer, elle feroit varier l'aiguille & manquer par conſéquent l'opération; le plus ſûr eſt de ſe ſervir de quelqu'inſtrument de mathématique, propre à prendre ſenſiblement les angles & les côtés; mais il faut bien prendre garde à ne ſe pas tromper dans les calculs, peu de choſe étant capable d'éloigner beaucoup de l'endroit qu'on voudroit faire ſauter.

Il eſt à remarquer que l'on ne doit charger la mine, que dans le tems qu'on la veut faire jouer, non-ſeulement, afin que la poudre prenne moins d'humidité, mais auſſi, afin que l'ennemi n'ait point le tems de la découvrir & de la rendre inutile.

Autrefois, quand on trouvoit du ſable mouvant, ou des ſources dans l'excavation des mines, on ne paſſoit pas outre; mais aujourd'hui, on eſt devenu ſi habile à coffrer, que l'on ne s'embarraſſe point de cet inconvénient.

Je pourrois m'étendre encore davantage ſur les mines, en rapportant le ſentiment de pluſieurs Auteurs ſur ce ſujet; mais outre que tout ce qu'ils ont dit, eſt différent de ce qu'on pratique

aujourd'hui, c'eſt que je crois avoir donné une connoiſſance ſuffiſante des mines, puiſque je viens de dire tout ce qui eſt en uſage. On peut lire ſans moi, les Auteurs qui en ont traité, mais on n'y trouvera rien de ce que je viens d'écrire, & je ne le dis, que d'après ce qui a été expérimenté, & très-exactement obſervé.

Si quelque critique trouve mauvais que je n'aie point donné de définition des mines, avant que d'en parler, comme je le viens de faire, je lui dirai, pour le contenter, que ce ſont de petites chambres creuſées en terre, ſous le lieu qu'on veut faire ſauter, dans leſquelles on met de la poudre. Elles ſont d'autant plus à craindre, qu'un homme ſeul peut faire ce travail, & placer ſes poudres de maniere qu'elles produiſent toujours un effet ſi conſidérable, qu'il eſt très-difficile d'y remédier, pour ne pas dire impoſſible.

TROISIÉME PARTIE.

Des contre-mines.

APRÉS avoir parlé des mines, je dois en faire de même des contre-mi-

nes, touchant leſquelles on ne peut dire que très-peu de choſes fondées ſur l'expérience, parce qu'il y a peu de places contre-minées dans les régles, qui ayent été attaquées.

J'appelle *contre-mines*, toutes ſortes de galeries ou rameaux ſouterreins, faits pour troubler & pour empêcher l'exécution de la mine de l'ennemi.

L'Abbé *du Fay* dit, qu'il y a de deux ſortes de contre-mines, les unes qu'on fait en conſtruiſant la place; ce ſont des galeries voûtées de ſix pieds de hauteur, ſur quatre & demi de largeur; on les appelle *galeries majeures*. On fait les autres contre-mines en tems de ſiége, & l'on ne peut y aller qu'à genoux, ou en ſe baiſſant; on les appelle *rameaux*.

Les contre-mines de la place ſont, dit cet Auteur, fabriquées ſous le terre-plein du rempart des baſtions, au niveau du foſſé. On y entre par les gorges des baſtions: elles ſont éloignées de huit ou dix toiſes du revêtement, auquel elles ſont parallèles, & avec lequel elles ont communication, par des rameaux de diſtance en diſtance; ces ſortes de rameaux ſe font de même maniere que les galeries majeures, ils ont

quatre pieds de hauteur, ſur deux pieds & demi de largeur.

Aux angles des contre-mines, on fait des places d'armes de ſix pieds en quarré, où les contre-mineurs ſe retranchent. Ils ferment ces places d'armes avec des portes, qui ont chacune un creneau. On fait auſſi de ces portes de diſtance en diſtance, pour le même ſujet. Au milieu de chaque place d'armes, il y a un puiſard rempli de pierres ſéches, pour recevoir les eaux.

Des contre-mines du chemin couvert, on conduit des rameaux vers la campagne; ils ſervent en tems de ſiége, pour faire des fourneaux ou petites mines, qui enlevent les travaux des aſſiégeans, & qui en retardent les approches.

Une perſonne qui ſe régleroit dans l'exécution des contre-mines, ſur ce que cet Auteur en dit, feroit beaucoup de fautes; c'eſt pourquoi je l'ai rapporté pour faire des remarques deſſus, afin qu'on puiſſe juger par-là du reſte de ſon Livre; ce qui doit faire voir que ce qui eſt imprimé, n'eſt pas toujours le meilleur.

Car, premiérement, il n'eſt point vrai que l'on donne le nom de *galerie majeure* aux contre-mines que l'on bâ-

tit en même-tems que la place, mais ſeulement à cette galerie qui enveloppe toute la place, à dix ou douze toiſes du revêtement du foſſé ſous le glacis, comme à la citadelle de *Tournai*, ou ſeulement devant le front d'attaque de la place & à même diſtance du foſſé, comme à *Maubeuge*. Le nom de *galerie majeure* dépend de la quantité qu'on en fait, & de la fantaiſie de celui qui les conſtruit, qui cependant donne toujours le nom de *galerie majeure*, à celle à qui les autres communiquent le plus.

Les dimenſions que l'Auteur leur donne, ne ſont point générales, car celles de *Tournai*, qui ſont les plus belles, n'ont que trois pieds de largeur.

Ce n'eſt point encore une choſe véritable, que les contre-mines que l'on nomme *rameaux* ne ſe faſſent qu'en tems de guerre, puiſqu'il y en a de ſi beaux & en ſi grande quantité, aux environs de la citadelle de *Tournai*.

Il ſemble, ſelon cet Auteur, qu'il n'y ait dans une place des contre-mines que dans les baſtions; cependant la même citadelle eſt contre-minée généralement ſous tout ſon revêtement, & même dans ſon milieu, par une galerie qui paſſe d'une gorge de baſtion à la

courtine oppoſée, & l'on peut y entrer par des eſcaliers pratiqués aux portes, auſſi-bien que par les gorges des baſtions, d'autant plus que ces contre-mines ne doivent jamais être ſur le niveau du terre-plein de la place.

Cet Auteur ſe contredit, lorſqu'il dit, qu'aux galeries de la place, on fait des rameaux qui communiquent à ſon revêtement, leſquels ſe font de même maniere que les galeries, & un moment auparavant, il dit que les rameaux ne ſe font que pendant un ſiége; d'ailleurs, comme ils ſont faits pour le même uſage que les galeries, ils peuvent avoir la même largeur & la même hauteur.

Je ne vois pas pour quelle raiſon l'Abbé *du Fay* dit que les rameaux que l'on éleve ſur les contre-mines du chemin couvert, vers la campagne, ſervent à faire des fourneaux, ou petites mines. J'avoue que je ne comprens pas ce qu'il entend en cet endroit, par fourneau & petite mine; car, ſelon tous les gens du métier, le fourneau étant le lieu, ou la chambre, où l'on poſe la poudre, & la mine étant en général tout ce que l'on fait & conſtruit pour faire ſauter quelque choſe, il n'a nulle raiſon de dire que les rameaux du che-

min couvert ſervent à faire des petites mines, plutôt que des grandes. Au contraire, je ferai voir qu'elles ſont & qu'elles doivent même être plus grandes, en ces endroits, que celles de l'aſſiégeant, parce que pour l'ordinaire, elles ſont plus profondes. Les gens qu'il a conſultés ſur les mines & contre-mines, en faiſant imprimer ſon Livre, n'en ſçavoient apparamment pas plus que lui.

Il ne faut pas s'imaginer, comme cet Auteur, que les contre-mines ſoient toutes des galeries ſouterreines, faites de la même façon, en forme de croix, par exemple, ſur tous les angles rentrans & ſaillans du chemin couvert, comme à *Maeſtricht* & à *Charleroi*. Elles peuvent être de toutes ſortes de figures, & placées en toutes ſortes d'endroits.

Il faut les conſidérer, par rapport à leur conſtruction, par rapport à leur uſage, & par rapport au tems.

Il y a de trois ſortes de contre-mines, conſidérées par rapport à leur conſtruction: car ou elles ſont de maçonnerie, ou de charpente, ou de terre ſimplement.

De quelque nature qu'elles ſoient, elles ſe commencent toujours en approfondiſſant des puits de quarante en qua-

rante, ou de cinquante en cinquante toiſes, plus ou moins, ſelon la néceſſité & la profondeur où l'on veut établir cette contre-mine.

Si les terres ſont aſſez bonnes pour ſouffrir une ouverture ſans étançons ou ſans maçonnerie, on n'ouvre la galerie que ſur trois pieds de largeur, coupant les terres bien à plomb; mais il eſt rare que l'on mette cette derniere ſorte de contre-mine en uſage, que dans le tems d'un ſiége, parce qu'il n'eſt pas à préſumer que l'on trouvât par-tout d'aſſez bonnes terres pour ne point s'ébouler.

A meſure que l'on fait la contre-mine dont on déblaye les terres que l'on approfondit, on fait la charpente ou la maçonnerie, n'attendant jamais que tout ſoit ouvert pour y travailler.

On ne fait les contre-mines de charpente, que lorſqu'elles ne ſont pas beaucoup profondes, & que les terres du deſſus ſont ſolides; de maniere qu'il ne filtre point trop d'eau à travers, parce que les bois ſeroient bientôt pourris, & que l'entretien en coûteroit beaucoup plus que de la maçonnerie.

Celles qui ſont conſtruites de cette derniere maniere, ſont meilleures que les autres, parce qu'elles durent davan-

tage, mais la dépenſe en eſt d'abord plus conſidérable.

Cette maçonnerie ſe fonde à un demi-pied au-deſſus du niveau du foſſé, & l'épaiſſeur des murs des côtés eſt d'un pied & demi, ſur quatre pieds & demi de hauteur, juſqu'à la naiſſance de la voûte ; elle ſe fait de gros moëlons. Quand le terrein eſt ſi mauvais, que l'on eſt obligé de paver la contre-mine, cela ſe fait avec de grandes pierres plattes. La voûte ſe fait en plein ceintre & avec de bonnes briques; les reins s'en rempliſſent de maçonnerie de moëlons, mais en forme de cape de batardeau, pour donner aux eaux qui filtrent à travers les terres qui ſont ſur la contre-mine, la facilité de s'écouler par derriere la maçonnerie, ſans y apporter le dommage qu'elles lui pourroient cauſer par leur ſéjour, ſi on ne la conſtruiſoit de cette maniere ; c'eſt à cauſe de cela, que cette cape ſe couvre d'une couche de bon mortier.

La charpente ſe fait comme à l'ordinaire, avec des doſſes ou groſſes planches ſoutenues de tous côtés par des arcboutans & des piédroits.

Aux angles des contre-mines, on fait des places d'armes de ſix ou huit pieds

en quarré, où les contre-mineurs ſe retranchent dans une action ſouterraine. Ils ferment ces places d'armes avec de bonnes portes, qui ont chacune un ou deux creneaux, pour ſe défendre contre l'ennemi qui ſe ſeroit rendu maître d'une partie de la galerie; c'eſt pour la même raiſon que l'on poſe de pareilles portes dans les faces des contre-mines & dans leurs rameaux, de diſtance en diſtance.

En maçonnant les murs des côtés des rameaux & des contremines, on y ménage des portes de diſtance en diſtance, que l'on maçonne enſuite, ſans que leur maçonnerie ait de liaiſon avec celles des murs, afin que ſans lui cauſer aucun dommage, on puiſſe dans un ſiége ouvrir les terres, pour aller établir un fourneau à l'endroit que l'on juge à propos, de la maniere dont je l'expliquerai.

Au milieu de chaque place d'armes, il y a ordinairement un puits rempli de pierres ſéches, pour recevoir les eaux des contre-mines.

Mais comme quelquefois ces puits ne ſuffiſent pas pour cela, on fait des rigoles qui communiquent à toutes les galeries, que l'on fait un peu en penchant de ces rigoles, pour que les eaux

s'y écoulent, & enſuite à la riviere, ou dans quelque lieu plus bas que le fond des contre-mines.

On fait aux contre-mines, des évents de diſtance en diſtance, d'un pied de largeur, pour y faire circuler l'air; mais il eſt à remarquer que ce n'eſt qu'à la galerie majeure, encore n'en fait-on pas beaucoup, parce que ces évents pourroient découvrir la contre-mine; c'eſt pourquoi l'on n'en fait point aux rameaux, dans leſquels, quand ils ſont longs, on a bien de la peine à reſpirer.

L'Ingénieur, ou le Gouverneur, qui propoſe & qui fait conſtruire ces contremines, les place aux endroits où elles ſont jugées le plus néceſſaires.

Les places que l'on veut entiérement contre-miner, doivent avoir des galeries ſous le revêtement de la place, c'eſt-à-dire ſous l'eſcarpe. Les baſtions, ſurtout ceux qui ſont les plus attaquables, doivent en avoir de parallèles à leur face, à ſix ou huit toiſes de la ligne de l'eſcarpe. Dans un baſtion de la citadelle de *Tournai*, cette parallèle eſt doublée, & outre cela, on a fait paſſer une galerie de la gorge du baſtion, à la courtine qui lui eſt oppoſée.

On met ordinairement une galerie

ſous le revêtement du foſſé, de l'autre côté de la place, c'eſt-à-dire ſous la contreſcarpe, avec des chambres aux angles flanqués, capables de contenir quatre-vingt ou cent hommes, & deux piéces de canons.

A dix ou douze toiſes ſous le glacis, & parallèlement à cette galerie, on en ouvre une autre, que l'on nomme pour l'ordinaire *galerie majeure*, parce qu'elle communique aux autres, par le moyen de petits rameaux pratiqués de diſtance en diſtance, & aux grands rameaux pouſſés dans la campagne. On les éleve ſur cette galerie, les uns perpendiculairement ſur les angles ſaillans de la fortification, & les autres, qui leur ſont parallèles, ſur les faces des chemins couverts. Ces rameaux vont plus ou moins loin dans la campagne, ſelon qu'on juge que l'ennemi puiſſe plus ou moins aiſément attaquer la partie de fortification; & enfin, le nombre de ces rameaux eſt plus ou moins grand, par la même raiſon, ſuivant que l'on prévoit devoir en tirer parti en tems de ſiége.

On redouble les galeries ſous les demi-lunes & ſous les autres dehors, ſelon qu'on juge que l'ennemi s'y doive plus ou moins attacher, & ſelon qu'on

a la facilité du terrein, qui n'eſt pas toujours favorable à l'ouverture de ces galeries. Tout cela dépend de celui qui a la conduite de cette fortification ſouterraine, dont le génie & la capacité lui doivent ſervir de régle; car ce que je viens de dire, n'en doit point être une, puiſqu'il y a des contre-mines d'une autre figure, & placées différemment : tout cela dépend de la néceſſité qu'en ont les piéces que l'on fortifie.

On contre-mine des piéces de fortification attaquables, ou en partie, ou entiérement, c'eſt-à-dire que l'on fait des galeries, comme je viens de dire, ſous le revêtement de la place, dans ſes baſtions & ſous ſes dehors; & que l'on n'en fait quelquefois que ſous ces derniers, comme à *Maubeuge ;* quelquefois on fait ſeulement la galerie majeure, de peur de trop affoiblir le revêtement du foſſé, qui doit avoir plus d'épaiſſeur quand on le contre-mine; lequel pour la même raiſon ne le peut être quand il eſt conſtruit auparavant, parce qu'il n'a pas l'épaiſſeur ſuffiſante.

On contre-mine auſſi des piéces détachées, ſur-tout les redoutes, comme celles de *Luxembourg* & celles de *Tournai;* alors le meilleur eſt de leur donner

une retraite ſouterraine, en communiquant à la place par une galerie, de même qu'à cette galerie de mines, autrement les troupes qui défendroient ces piéces, ſeroient extrêmement expoſées. Il y a même de ces redoutes qui ſont contre-minées doublement, c'eſt-à-dire, qu'à huit ou dix pieds de profondeur, par exemple, il y a des contre-mines, & qu'à 20 ou 22 pieds il y en a d'autres; de maniere que les premiers fourneaux ayant fait leur effet, on pourroit encore ſe ſervir des ſeconds, quand la galerie ſouterraine, qui communique à la place, eſt ſur le niveau de cette ſeconde contre-mine.

Les contre-mines dont je viens de parler, ſe font ordinairement quand on conſtruit la place, ou après que l'on a remarqué qu'elles ſont néceſſaires pour ſa défenſe; on diſpoſe ces ouvrages pour les recevoir, ſoit en couvrant leurs terres, ſoit en augmentant l'épaiſſeur de leur maçonnerie.

Il y a d'autres contre-mines plus négligées & plus précipitées, qui ne ſe font que lorſque l'ennemi eſt devant la place; elles ne s'ouvrent pas avec plus de précaution que les galeries & rameaux des mines, excepté qu'elles ſe doivent

faire, autant que cela ſe peut, de la hauteur d'un homme & de l'eſpace néceſſaire pour agir plus librement, afin d'avoir de la ſupériorité ſur l'aſſiégeant. Ces contre-mines ſe font, en pluſieurs endroits, parallèles aux faces des baſtions, ſur le niveau de la fondation & derriere les contre-forts, parallèlement aux mêmes faces, ſous la ſuperficie du fond du foſſé, ſi l'on craint que l'ennemi ne tente de le paſſer par-deſſous terre, pour aller attacher le Mineur; ce qui ne ſe pratique que très-peu préſentement, non-ſeulement parce que les foſſés, quoique ſecs, ſont preſque toujours approfondis juſqu'au roc, mais auſſi, parce que, quand cela ne ſeroit pas, on ne pourroit pas travailler dans de ſi longues galeries, par la difficulté d'y reſpirer. Ces contre-mines ſe font encore dans des piéces particulieres, comme demi-lunes, contre-gardes, &c. mais on les ouvre rarement ſous le glacis (où elles ſeroient cependant plus néceſſaires) parce que l'on n'en a pas le tems, avant que les aſſiégeans y ſoient arrivés. C'eſt néanmoins par leur moyen qu'on empêche le plus les mines & les ſappes de l'ennemi; car un Gouverneur habile, auſſi-tôt qu'il voit le côté de l'attaque déterminé,

déterminé, fait ouvrir des galeries parallèles à la ligne de ſon foſſé, pour empêcher l'aſſiégeant d'avancer ſous terre, lui étant beaucoup plus avantageux de ſe battre ſous terre que deſſus.

Après avoir examiné les contre-mines, par rapport au tems où on les conſtruit, & par rapport à leur conſtruction; & après avoir fait voir en quels endroits de la fortification on les place, il ne me reſte plus qu'à faire connoître les avantages qu'elles procurent à une place.

La gloire que les Vénitiens ont acquiſe, à ſoutenir le ſiége de *Candie* pendant vingt-cinq années, contre une armée nombreuſe en ſoldats, & abondante en munitions de guerre, n'eſt pas moins dûe aux travaux ſouterrains, que les Ingénieurs ont faits pour ſoutenir cette défenſe, qu'à la conduite des Commandans & à la valeur des Soldats.

Comme la mine eſt ce qui cauſe le plus de dommage à l'aſſiégé, de même la contre-mine eſt ce qui lui doit apporter le plus d'avantage; & il eſt certain que cette fortification ſouterraine eſt ſeule capable de faire lever le ſiége à l'ennemi.

Car, s'il ne connoît pas les endroits où ſont les galeries & les rameaux,

(choſe aſſez difficile), il ſera ſans ceſſe expoſé à ſauter dans ſes batteries & dans ſes logemens, ſans qu'il puiſſe l'empêcher.

Premiérement, parce que la plus grande partie de l'ouvrage de l'aſſiégé, pour prévenir l'aſſiégeant, eſt faite; ce qui lui donne une avance conſidérable.

Secondement, parce que l'aſſiégé attend l'aſſiégeant, & tout homme qui attend, eſt plus fort que celui qui eſt ſurpris.

3°. Parce que les galeries de l'aſſiégé étant plus ſpacieuſes & plus commodes que celles de l'aſſiégeant, où l'on ne peut marcher ordinairement qu'une perſonne de front & à genoux, cela donne au Mineur de la place, toute la ſupériorité qu'il peut ſouhaiter ſur celui des aſſiégeans, lequel pour cette raiſon peut être aiſément brûlé & égorgé dans ſon trou.

4°. Parce qu'il eſt beaucoup plus facile à l'aſſiégé de prévenir l'aſſiégeant, qu'à celui-ci de découvrir ſa contremine; car en y faiſant bonne garde, l'ennemi ne ſçauroit en approcher, qu'il ne ſoit découvert.

En effet, pour peu que le Gouverneur ou le Commandant entende la mine,

& ſoit alerte & intelligent, qu'il ait de braves Officiers de Mineurs, & du monde ſuffiſamment pour garder ſes contre-mines, il reculera ſi fort l'aſſiégeant dans ſes ouvrages, que celui-ci aura bien de la peine à vaincre tous les obſtacles que le Mineur de la place pourra lui ſuſciter.

Il fera ſauter ſes batteries, lorſqu'elles ſeront établies dans la campagne ſur le glacis, & dans les dehors, ſans que l'ennemi puiſſe l'éviter, ne pouvant deviner, que par conjectures, qui ſont ſouvent fauſſes, préciſément l'endroit où ſont ces contre-mines.

Le Gouverneur éventera facilement la mine de l'ennemi, ou découvrira ſon Mineur, puiſque dans toutes les parties des contre-mines, il y aura du monde pour écouter l'endroit où il travaillera.

Et comme il ne peut pouſſer ſon travail, ſans paſſer par la galerie majeure, ou par quelqu'autre qu'il ne ſçauroit éviter, ſeulement de deux pieds par-deſſus, il ſera toujours découvert, du moins à ce paſſage, s'il ne l'eſt pas auparavant, par le moyen des rameaux qui avancent dans la campagne.

Si l'ennemi, par un haſard extraordinaire, découvroit, en ouvrant ſes puits ou

ſes galeries, quelqu'un de ces rameaux; il le faudroit rendre inutile par le moyen d'un fourneau que l'on y doit tenir toujours tout prêt, pour empêcher que l'aſſiégeant ne s'en ſervît pour découvrir les autres, & pour entrer lui-même dans les galeries des contre-mines; ce qu'il faut éviter ſur toutes choſes.

Mais il faudroit, pour que l'ennemi pût ſe rendre maître d'une contre-mine, que l'aſſiégé fût bien peu intelligent & ſoigneux, pour ne pas découvrir l'aſſiégeant lui-même dans ſes ouvrages, & bien peu vigoureux pour ne le pouvoir pas repouſſer ſous terre auſſi long-tems qu'il le voudra; puiſque deux hommes de bout & de front, dans les contre-mines, ſeront toujours maîtres d'un ſeul qui eſt à genoux ou courbé, preſque ſans défenſe, & ſurpris.

Par le moyen des portes pratiquées de diſtance en diſtance, dans les murs des galeries & rameaux, on peut tout d'un coup être en état d'établir un fourneau, ſelon le beſoin, d'autant plus facilement que le rameau & la galerie facilitent le tranſport des terres dans le foſſé, ſans que l'ennemi s'en puiſſe appercevoir.

On peut auſſi par le moyen des por-

tes, qui ſont à l'entrée des places d'armes ſouterraines, & dans les galeries & les rameaux, réſiſter vigoureuſement & avec bien de l'avantage à l'aſſiégeant, qui à la fin y ſeroit entré par ſurpriſe.

Lorſqu'on veut faire ſauter un logement ou une batterie de l'aſſiégeant, on en prend la poſition par une opération géométrique; comme ſi je voulois établir un fourneau ſous le point A, centre de la batterie, ou du logement des ennemis, je prendrois avec un inſtrument de mathématique l'angle A E D, j'en ferois de même de celui A D E; & rapportant ces deux angles ſur le plan de la place, je trouverois que le logement ſeroit au point A. Me ſervant alors de la porte qui en ſeroit la plus proche, dans le rameau le plus voiſin, j'ouvrirois la mine, & je me conduirois de la même maniere que je l'ai expliqué en parlant des mines, pour aller établir mon fourneau directement ſous le logement, ou ſous la batterie; on ne ſçauroit manquer en travaillant de cette maniere. Planche I. Fig. 6.

Mais, comme il y faut ſur-tout beaucoup de diligence, il eſt bon, quand on a des contre-mines dans ſa place, d'avoir un plan bien juſte de la place & des contre-mines, afin que lorſqu'on fait des

opérations géométriques ſur le terrein, elles puiſſent conduire juſte dans les ouvrages, en les rapportant ſur le plan. Car on trouve ſi peu d'habiles Officiers de Mineurs, que s'il falloit aller toujours par opérations géométriques établir le fourneau, non-ſeulement l'ouvrage iroit fort lentement, mais encore il coureroit riſque d'être très-mal fait; ainſi il faut avoir un bon plan des contre-mines, que l'on conſervera avec grand ſoin, de peur qu'il ne tombe entre les mains des ennemis.

Quand on a des Mineurs ſuffiſamment dans une place, & qui ſçavent bien travailler, on peut faire ſauter bien des batteries & des ouvrages à l'ennemi, ce qui retarde extrêmement ſes travaux; c'eſt pourquoi, lorſque des places ſont autant contre-minées, que l'eſt la citadelle de *Tournai*, on y établit une Compagnie de Mineurs de cent ou ſix vingt hommes, plus ou moins, qui n'en déſemparent point, pour le ſervice ſeul des contre-mines: évitant ſur-tout d'y envoyer des détachemens d'autres Mineurs, qui ne ſeroient point au fait des contre-mines de la place, ni de ceux-ci, dans les autres places où il y auroit des contre-mines en plus petite quantité,

comme à *Maubeuge* ou au *Quesnoy*.

Quoique je l'aie dit ailleurs, je dois néanmoins faire encore remarquer ici, que les places qui ont des contre-mines ſous le revêtement du corps de la place, ont les foſſés plus étroits que les autres, de peur que l'ennemi s'étant rendu maître à la fin du chemin couvert, & y ayant établi une batterie, ne renverſât aiſément le pied de ce revêtement, à cauſe de la galerie, qui ôtant à la maçonnerie la ſolidité des terres qui la ſoutiendroient, la rendroit beaucoup plus facile à détruire par le canon.

La chambre ſouterraine, pratiquée au bout de chaque galerie, à qui elle ſert comme de place d'armes, à chaque angle flanqué du revêtement du foſſé, laquelle eſt capable de contenir deux piéces de canons, & quatre-vingt ou cent hommes, eſt d'un ſecours conſidérable pour empêcher le paſſage du foſſé, pour mettre des troupes à couvert des bombes, & pour découvrir les mines de l'ennemi.

Les caponieres pratiquées dans les galeries du revêtement du foſſé ſec, ne ſont pas moins avantageuſes pour troubler l'ennemi dans le paſſage du foſſé,

parce qu'elles voyent de revers tout ce qui s'y établiroit, ſur-tout le Mineur qui s'attacheroit au corps de la place. D'ailleurs n'étant point vûes d'aucun endroit de la campagne, elles ſont admirables pour nettoyer le foſſé. C'eſt pourquoi, tant que l'on peut conſtruire de ces chambres dans les angles flanqués, quand le revêtement a aſſez d'épaiſſeur pour cela, & tant que l'on peut ouvrir des caponieres dans les revêtemens des foſſés, on ne manque pas de le faire préſentement.

Voilà tout ce que je m'étois propoſé d'écrire préſentement ſur les mines & les contre-mines, en attendant que les expériences réitérées, qui ſe font actuellement dans pluſieurs de nos Ecoles d'Artillerie, ſur les effets de la poudre, me donnent de nouvelles lumieres ſur pluſieurs points eſſentiels de la ſcience des mines, qui ne ſont pas encore aſſez éclaircis pour en faire part au Public.

REMARQUE.

Pour plus de facilité dans la pratique, nous avons crû devoir rapporter, par forme de ſupplément, à la fin de ce *Traité des Mines & des contre-mines*, une Table, tirée des Œuvres du célébre Ma-

réchal *de Vauban*, où l'on trouvera tout d'un coup la quantité de poudre dont une mine doit être chargée, relativement à la longueur de *ſa ligne de moindre réſiſtance*, c'eſt-à-dire, à la quantité de terrein qu'elle doit enlever, ou, ce qui eſt la même choſe, à l'épaiſſeur des terres qui ſe trouvent au-deſſus du fourneau, ou de la chambre de la mine. Cette Table eſt compoſée de quatre colonnes.

La premiere, donne en pieds les différentes hauteurs des remparts au-deſſus des mines, depuis 10 juſqu'à 80 pieds.

La ſeconde, marque en pieds la moindre épaiſſeur des terres à chaſſer, c'eſt-à-dire, la longueur de la ligne de moindre réſiſtance, depuis la mine juſqu'à la ſuperficie du terrein.

La troiſiéme indique les dimenſions en pieds & pouces courans des chambres des mines, en les ſuppoſant de figure cubique, & dont les capacités ſont d'un tiers, ou approchant, plus grandes que les cubes des poudres qu'elles doivent contenir, à cauſe des planches, pailles, ſacs à terre, &c. dont on fait le lit des poudres.

On trouvera dans la quatriéme, la quantité de poudre néceſſaire à la charge des mines, indiquée dans les autres colonnes à côté.

TABLE

Pour les différentes grandeurs des Mines, dont on ſe peut ſervir dans les Siéges, réglées ſuivant la moindre épaiſſeur des terres qu'elles ont à chaſſer, depuis cinq pieds juſqu'à 40, ou depuis 10 pieds de hauteur de Rempart juſqu'à 80 pieds.

Hauteur des Remparts au-deſſus des chambres.	Moindre épaiſſeur des terres à chaſſer.	Meſures des chambres en pieds & pouces courans.		Quantité de poudre néceſſaire à la charge des Mines.
10 *pieds.*	5 *pieds.*	0 *pied.*	7 *pou.*	10 *liv.*
12	6	0	8	18
14	7	0	10	28
16	8	0	11	42
18	9	1	1	60
20	10	1	2	82
22	11	1	3	109
24	12	1	4	142
26	13	1	5	180
28	14	1	7	226
30	15	1	9	277
32	16	1	10	336
34	17	1	11	403
36	18	2	1	479
38	19	2	2	564
40	20	2	4	617
42	21	2	5	761
44	22	2	6	875
46	23	2	8	1000
48	24	2	9	1136
50	25	2	10	1294
52	26	3	0	1444
54	27	3	1	1617
56	28	3	3	1803
58	29	3	4	2004
60	30	3	6	2218
62	31	3	7	2447
64	32	3	8	2692
66	33	3	10	2952
68	34	3	11	3229
70	35	4	0	3522
72	36	4	2	3883
74	37	4	3	4161
76	38	4	4	4510
78	39	4	6	4873
80	40	4	7	5258

Au défaut de cette Table, qu'on ne peut pas toujours avoir avec ſoi, il y a un moyen ſimple pour trouver la meſure des chambres, & la quantité de poudre qui leur convient.

1°. Prenant la neuviéme partie de la moindre épaiſſeur de terre, ou de maçonnerie, juſqu'à la mine, on aura, à peu près, la meſure des chambres en tout ſens.

2°. Pour la quantité de poudre, prenant le cube de la moindre épaiſſeur de terre ou de maçonnerie, & retranchant la derniere figure, le reſte ſera la quantité néceſſaire, ſur le pied de 18 livres pour chaque toiſe cube; mais ſi on n'en veut donner que 15 livres, il faudra retrancher un ſixiéme du nombre reſté; de même, pour 12 livres par toiſe cube, il en faudroit retrancher un tiers.

EXEMPLE.

Suppoſons une moindre épaiſſeur de 20 pieds, la neuviéme partie ſera 2 pieds 3 pouces pour la meſure de la chambre en tout ſens. Pour les poudres, ſuppoſant la même épaiſſeur de 20 pieds, le cube de 20 eſt 8000, retranchant la derniere figure, reſte 800, qui eſt la quantité de poudre qu'il faut, à 18 li-

vres par toiſe cube. Que ſi l'on n'en vouloit donner que 15 livres, comme 15 livres différent de 18 livres d'un ſixiéme, il faut retrancher un ſixiéme de 800, reſtera 667 livres, nombre aſſez conforme à celui de la Table, parce qu'on l'a faite ſur le pied de 15 livres par toiſe cube. Ainſi à 12 livres par toiſe cube, il faudroit retrancher un tiers, parce que 12 eſt un tiers moindre que 18; ôtant le tiers de 800, reſtera 534 livres, pour la quantité de poudre néceſſaire à une mine enfoncée de 20 pieds, remarquant qu'à 18 livres c'eſt beaucoup, & qu'à 12 livres c'eſt bien peu.

USAGE

DE LA TABLE PRÉCÉDENTE.

Connoiſſant la hauteur du rempart, connoître la capacité de la mine, qui y convient.

EXEMPLE.

SI le rempart a 30 pieds de haut, cherchez dans la premiere colonne des hauteurs du rempart, le chiffre 30, vous trouverez vis-à-vis, dans la ſe-

conde colonne 15, qui eſt l'enfoncement du fourneau dans les terres. Dans la troiſiéme, le chiffre 1 pied 9 pouces, marque la dimenſion de la chambre en tous ſens; c'eſt-à-dire, 1 pied 9 pouces de haut, ſur 1 pied 9 pouces de large, & autant de profondeur; & dans la quatriéme colonne vous trouverez 277 livres, qui eſt le nombre de livres de poudre néceſſaire à charger la chambre; auquel vous pouvez ajouter un tiers, ou un quart, à cauſe de la ſolidité du revêtement, & de l'humidité des poudres; ainſi, ſi à 277 vous ajoutez le tiers, vous aurez 370 livres pour la charge de la mine. La préciſion eſt ici peu néceſſaire; vous ferez la même choſe pour toutes les autres hauteurs.

Remarquez; 1°. que quand on fixe la longueur des galeries directes à moitié de la hauteur, cela ne ſe doit pas toujours prendre au pied de la lettre, & doit s'entendre ſans compter les retours (*a*).

2°. Que quand il s'agit d'ouvrir de

(*a*) Ce n'eſt pas par la longueur de la galerie & de tous ſes contours, qu'il faut eſtimer l'enfoncement de la chambre de la mine dans les terres, ou la maçonnerie qu'on veut faire ſauter, mais par la longueur de la ligne de moindre réſiſtance, ou de la ligne la plus courte qu'on peut élever perpendiculairement ſur un des côtés du fourneau, juſqu'à la ſuperficie des terres, ou de la maçonnerie, oppoſée à ce côté.

grandes élévations, il vaut mieux ſéparer les mines en pluſieurs chambres, parce que cela fait une bien plus grande ouverture.

De ſorte que s'il s'agiſſoit d'ouvrir un rempart de 80 pieds de haut, la premiere colonne donneroit 80 pieds; la ſeconde, 40 de ligne de moindre réſiſtance; la troiſiéme, 4 pieds 7 pouces quarrés de chambre; & la quatriéme 5258 liv. de poudre pour la charge. En ce cas, on pourroit pouſſer la galerie en avant de ſix pieds de moins, & ajouter environ le tiers de 5258, il viendra 7010 de poudre pour la vraie charge, qui diviſée en trois, produiroit de quoi charger une mine *treflée*, à trois chambres, dont la charge, ſi elles étoient égales, ſeroit de 2336 livres de poudre pour chacune; mais parce que celle du milieu doit être enfoncée de 7 à 8 pieds plus que les autres, j'y mettrois 3010 livres de poudre, & 2000 livres dans chacune des autres; ce qui ne pourroit manquer de produire un grand effet.

A l'égard de la grandeur de chambres qui peuvent convenir à ces différentes quantités de poudre, il n'y a qu'à prendre garde au nombre de la quatriéme colonne qui approche le plus de cette

quantité; ainſi 2952, étant le chiffre qui a le plus de rapport à 3010, je regarde vis-à-vis dans la troiſiéme, il s'y trouve 3 pieds 10 pouces pour la hauteur, longueur & largeur de la chambre; & à l'égard de celles de 2000 livres, la capacité des chambres ſe trouvera vis-à-vis le nombre de 2004, qui eſt celui de la quatriéme colonne qui en approche le plus. Je regarde donc à la troiſiéme colonne vis-à-vis, & je trouve 3 pieds 4 pouces, qu'il faut entendre en tout ſens, comme la précédente, pour la grandeur des chambres qui leur conviennent, & ainſi de toutes les autres. Remarquez que bien que les régles de la Table ſoient bonnes par elles-mêmes, il ſe trouve de ſi grandes différences, tant dans la qualité de terres, dont les unes ſont glaiſeuſes, les autres graſſes, d'autres ſabloneuſes, & d'autres mêlées de roc ou rocailles, & même d'autres de roc ſolide, que dans la ſolidité des revêtemens, dont les uns réſiſtent incomparablement mieux que les autres, & qu'il y a tant d'inégalité d'ailleurs dans la force des poudres, que le plus ſûr eſt de fortifier toujours la charge, le plus ne pouvant guéres faire de mal, au lieu que le moins en feroit beaucoup.

3°. Il eſt d'une importance extréme d'égaler les feux pour les pouvoir donner juſtes à pluſieurs chambres à la fois, & non-ſeulement on doit bien prendre garde de tenir la ſauciſſe ſéchement, & de ne la pas trop preſſer dans les augets; mais il la faut bien compaſſer, enſorte qu'il n'y en ait pas un demi-pouce de long à l'un des bras de la mine, plus qu'à l'autre. Dans celles où il y a pluſieurs fourneaux, comme les galeries doivent être de différentes longueurs, il faut faire aller la ſauciſſe de droite à gauche, dans la galerie, en forme de zigzag, & ſur-tout bien placer le foyer, qui eſt le lieu choiſi pour donner feu à la mine.

REMARQUE.

M. *de Vauban* a fait les calculs de la Table précédente, dans la ſuppoſition que l'excavation de la mine étoit un cône, dont la pointe, ou ſommet, ſe trouve ſituée au fourneau de la mine, & dont le diamétre de la baſe eſt double de la *ligne de moindre réſiſtance.* Mais M. *de Valliere*, qui a extrêmement perfectionné cette partie de l'Artillerie, après différentes recherches & des expériences réitérées, ayant examiné

plus

plus particuliérement cette excavation, a trouvé qu'elle formoit un *paraboloïde*, ou une eſpéce de cône tronqué, dont les côtés, au lieu d'être en ligne droite, ſont arrondis ſur leur longueur. Cette découverte apporte néceſſairement quelque changement dans la quantité du terrein enlevé par l'effet de la mine, & par conſéquent dans la doſe de poudre dont elle doit être chargée, comme nous le ferons voir ci-après, dans les deux derniers articles de ce *Traité des Mines*, dans leſquels nous ferons de nouvelles recherches ſur la nature du ſolide formé par l'excavation de la mine, & ſur la charge qu'il convient de donner aux fourneaux des mines relativement à cette excavation. Mais auparavant nous joindrons ici une nouvelle Table dreſſée par le même M. *de Valliere*, pour la charge des mines, d'après l'hypothèſe du *paraboloïde*; ce qui rend cette Table beaucoup plus exacte & plus juſte que celle de M. *de Vauban*.

TABLE

POUR LA CHARGE DES MINES, ſelon *M.* DE VALLIERE, Lieutenant Général des Armées du Roi, & Inſpecteur Général des Ecoles d'Artillerie.

Longueur des lignes de moindre réſiſtance.	*Quantité de poudre dont les Mines doivent être chargées.*	*Longueur des lignes de moindre réſiſtance.*	*Quantité de poudre dont les Mines doivent être chargées.*
Pieds.	Livres. Onces.	Pieds.	Livres. Onces.
1....	..0.....2	21....	.868....3
2....	..0....12	22....	.998....4
3....	..2.....8	23....	1140...10
4....	..6.....0	24....	1296....0
5....	.11....11	25....	1558....9
6....	.20.....4	26....	1647...12
7....	.32.....2	27....	1815....4
8....	.48.....0	28....	2058....9
9....	.68.....5	29....	2286....7
10....	.93....12	30....	2530....4
11....	124....12	31....	2792....4
12....	162.....0	32....	3072....0
13....	205....15	33....	3369....1
14....	257.....4	34....	3680...12
15....	316.....4	35....	4019....8
16....	324.....0	36....	4374....0
17....	460.....9	37....	4748...11
18....	546....12	38....	5144....4
19....	643.....0	39....	5561....2
20....	750.....0	40....	6000....0

APPLICATION
DE LA
TRIGONOMÉTRIE,
A la conduite des galeries des mines.

LES mines étant devenues d'un grand uſage pour l'attaque & la défenſe des places, il ſemble qu'il eſt à propos de faire voir ici de quelle façon la trigonométrie peut y avoir part, ſoit pour l'utilité des aſſiégeans, ou pour celle des aſſiégés.

Les aſſiégeans ſe ſervent des mines, comme nous l'avons déja dit, pour ſe faire un logement ſur le glacis du chemin couvert, ou pour ſe loger dans quelqu'ouvrage ; & les aſſiégés s'en ſervent pour renverſer les batteries ou les logemens de l'ennemi, qui ſont le plus à portée de la contreſcarpe. Mais comme les aſſiégeans, auſſi-bien que les aſſiégés, pour s'enfoncer autant que

la ligne de moindre réſiſtance * le demande, font ordinairement un puits, ou des degrés, pour percer la galerie; il arrive quelquefois, qu'ils n'ont point fait deux toiſes d'ouvrage, qu'ils rencontrent un obſtacle, comme de la pierre fort dure, ou une ſource, qui les empêche d'avancer en ligne droite. Dans ce cas, la pratique ordinaire du Mineur eſt de ſe détourner, en faiſant un retour à angle droit, ſur la droite ou ſur la gauche, pour ſe remettre enſuite dans ſon chemin. Par exemple, s'il part de l'endroit A pour aller vers B, & qu'étant arrivé à l'endroit D, il rencontre un obſtacle C, il fait le retour D E de la longueur qu'il juge néceſſaire, pour ne rien trouver qui l'embarraſſe; enſuite il continue de cheminer en droiture par la galerie E F, au bout de laquelle il fait encore un retour F G égal au précédent, pour faire le reſte de la galerie G B ſur l'alignement A. Mais, comme tous ces retours demandent beaucoup de tems & de travail, & que

Planche II. Figure 1.

* Les Mineurs appellent, *ligne de moindre réſiſtance*, la perpendiculaire qui eſt au-deſſus du fourneau, & qui marque la hauteur des terres que la mine doit enlever.

d'ailleurs ils empêchent que l'air ne circule, comme il faut, dans la galerie, voici par la trigonométrie, comme on peut abréger le chemin.

Supposant qu'étant parvenu de O en H, on ait rencontré un obstacle T, il faut se détourner à angle droit d'une longueur H I, la plus courte qu'il sera possible, & voir la différence du chemin que l'on a fait, avec celui qu'on a à faire, pour avoir la longueur de la ligne H K, qui va se terminer au point K, où l'on doit établir le fourneau. Or, comme on a le triangle rectangle H I K, dont l'hypoténuse I K est la longueur que doit avoir la galerie qui reste à faire, pour aller de I en K, on trouvera cette longueur, aussi-bien que l'angle H I K, par la trigonométrie, parce que l'on a dans le triangle rectangle, les deux côtés H I & H K de connus. Présentement, il ne s'agit plus que de tracer sur le terrein l'angle H I K, d'autant de degrés qu'on en aura trouvé par le calcul; ce que l'on pourra faire aisément, en appliquant sur une grande équerre brisée le compas de proportion, pour que les deux bras de l'équerre fassent un angle, d'autant de degrés qu'il sera nécessaire. Figure 2.

Les fourneaux que l'on fait pour lo-

ger les poudres deſtinées à faire jouer une mine, ne ſe pratiquent pas toujours à l'extrémité de la galerie, parce que la même galerie aboutit preſque toujours à pluſieurs fourneaux, que l'on ſépare par des autres petites galeries, que l'on appelle *rameaux :* par exemple, ſi l'on a une galerie H F, au bout de laquelle eſt un rameau F A, qui aboutit à un fourneau G ; les Mineurs, après avoir chargé le fourneau, le ferment par de gros madriers bien étançonnés, ils rempliſſent le rameau A F, & une partie de la galerie F H de terres, de pierres, &c. afin que la poudre ne trouve pas un foible du côté de la galerie, par lequel elle feroit tout ſon effet. Or, pour faire enſorte que la poudre agiſſe en haut, il faut que la ligne de moindre réſiſtance B C ſoit plus petite que toute autre ligne, qui ſeroit tirée du point G à l'entour du fourneau ; ainſi ſi la galerie n'étoit bourrée que juſqu'au point I, & que la ligne G I fût plus petite que C B, la mine, au lieu de faire un bon effet, ſouffleroit du côté de la galerie, & n'agiroit que fort peu au-dehors. Or, pour trouver le point E, enſorte que G E ſoit égal à C B, conſidérez que l'on a le triangle rectangle G F E,

Figure 5.

dont le côté G F eſt connu, puiſque c'eſt la longueur du rameau que nous ſuppoſerons de 8 pieds; le côté G E ſera auſſi connu, puiſqu'il eſt égal à la ligne de moindre réſiſtance C B, que nous ſuppoſerons de 24 pieds: c'eſt pourquoi l'on pourra connoître le côté F E que l'on demande.

Cependant, comme on peut ſe paſſer de la trigonométrie, j'aimerois mieux en pareil cas, quarrer le côté G E, pour en ſouſtraire le quarré du côté F G, & extraire la racine quarrée du reſte, que l'on trouvera de 22 pieds, pour la longueur du côté F E; ainſi il faudra bourrer 22 pieds de la galerie. Mais comme les terres rapportées dans la galerie, ne réſiſteront jamais autant que les terres vierges, l'on aura ſoin (pour que la poudre ne faſſe pas ſon effet du côté de la galerie) d'en bourrer 4 ou 5 pieds plus qu'il ne faut.

APPLICATION DE LA GÉOMÉTRIE AUX MINES.

IL y a long-tems qu'on a obſervé que, pour bien charger le fourneau d'une mine, il falloit une certaine quantité de poudre proportionnée à la peſanteur & à la ténacité du terrein à enlever. Et comme on s'eſt apperçu que l'excavation d'une mine étoit preſque toujours de figure réguliere, on s'eſt attaché à découvrir ſi cette figure étoit un ſolide, que la géométrie pouvoit meſurer, afin qu'ayant une fois connu combien il falloit de poudre pour une quantité de toiſes cubes du terrein d'une certaine qualité, on ſçache la charge d'un fourneau, qui auroit plus ou moins de terre à enlever dans un lieu dont le terrein ſeroit ſemblable à celui où l'on auroit fait des épreuves; & que faiſant de ſemblables épreuves dans une autre ſorte de terrein, on fût en état de calculer des

tables, non-seulement pour les mines qu'on peut faire en pleine campagne, mais aussi pour celles que l'on pratique dans la maçonnerie du revêtement des ouvrages, pour y faire brêche.

Ayant fait quelqu'expérience, on s'est imaginé que l'excavation d'une mine étoit un cône renversé, comme B F C, dont le rayon E C du cercle de la base étoit égal à l'axe E F, que l'on a nommé depuis, *ligne de moindre résistance*, parce qu'elle est la plus courte de toutes celles qu'on peut tirer du fourneau F, à la surface du terrein que la mine doit enlever. Cependant ceux qui ont un peu raisonné, ont eu de la peine à concevoir que la poudre qui seroit dans le fourneau F, fît son effet selon l'angle droit B F C, & que le fond de l'entonnoir se terminât en pointe, comme est celle d'un cône; c'est pourquoi l'on a fait d'autres épreuves pour être plus certain de la figure du solide qu'une mine enlevoit, & l'on a trouvé qu'au lieu d'un cône, c'étoit une espéce de cône tronqué A B C D, dont le petit cercle A D, qui répond au fourneau, avoit pour diamétre une ligne égale au rayon E C du grand cercle, qui est ici égal, comme dans la premiere opinion

Planc. II. Fig. 3.

à la ligne de moindre réſiſtance, ou autrement à l'axe E F du cône tronqué. J'ai reconnu à peu près les mêmes choſes à quantité de mines que j'ai vû jouer; avec cette différence cependant, que l'entonnoir n'a pas au fond un plan circulaire A D, mais une eſpéce de cul de chaudron A G D, qui ne provient pas à la vérité de l'enlevement des terres, mais de la preſſion que la poudre fait au-deſſous & à côté du fourneau, parce que ſon effort eſt d'abord balancé par la maſſe qu'elle doit enlever. On remarque la même choſe, non-ſeulement dans les mines, mais encore à l'égard de la poudre qui vient à s'enflammer ſur la ſurface de la terre; car s'il y en a une quantité un peu conſidérable, à laquelle on met le feu, l'on voit qu'à la place où elle a brûlé, il ſe forme un enfoncement qui provient de la réſiſtance que la flamme de la poudre a trouvée de la part du poids de l'air, qui eſt plus que ſuffiſant pour partager ſon effort.

La peine que l'on a de ſe défaire des préjugés, eſt ſi grande, qu'elle va même juſqu'à ſuivre des opinions contraires à l'expérience; on a tant fait jouer de mines, où l'on a vû que l'entonnoir étoit bien plutôt un cône tronqué, qu'un cô-

ne, qu'il ſemble qu'on devroit s'en tenir aux apparences les plus vraies : cependant, comme beaucoup de Mineurs font encore l'eſtimation de la charge des fourneaux ſur celle du cône, il convient de leur faire ſentir la grande différence qui ſe trouve entre le cône & le cône tronqué dont nous venons de parler, afin de les rendre plus circonſpects dans l'uſage des tables, dont ils ſe ſervent pour la charge des fourneaux.

Ne conſidérant que le cône tronqué A B C D, ſans nous embarraſſer de la partie A G D, puiſqu'elle n'eſt pas compriſe dans l'enlevement des terres, remarquez qu'il manque au cône tronqué A B C D, un petit cône dont la baſe eſt le cercle A D, pour former un cône entier ; & que le cône entier ſera ſemblable au petit. Or le rapport du grand cône au petit, étant dans la raiſon des cubes des diamétres des cercles qui leur ſervent de baſe, c'eſt-à-dire, comme le cube de la ligne B C eſt au cube de la ligne A D, la ligne B C étant double de A D (puiſque cette derniere eſt égale au rayon E C) le cube de B C ſera octuple de celui de A D : ce qui fait voir que le cône entier eſt octuple du petit, & que la différence du grand

Figure 3.

cône, au petit (qui eſt le cône tronqué) eſt les $\frac{7}{8}$ du cône entier. Mais le grand cône étant ſemblable au petit, ſi le cercle de l'un a un diamétre double de celui de l'autre, l'axe de l'un ſera auſſi double de celui de l'autre; ce qui fait voir que l'axe du grand cône eſt double de celui du cône tronqué, c'eſt-à-dire, de la ligne E F, qui ſert auſſi d'axe au cône B F C. Or, ce dernier cône a pour baſe le cercle B C, de même que le grand cône, ils ne différent donc entr'eux que par leurs hauteurs; & comme l'axe du grand cône eſt double de la ligne E F, ce cône ſera donc double du cône B F C; ainſi il en vaudra les $\frac{4}{8}$. Comme nous avons fait voir que le cône tronqué A B C D en étoit les $\frac{7}{8}$, il s'enſuit que le cône tronqué eſt au cône B F C, comme 7 eſt à 4; de ſorte que ſi l'on veut charger une mine, & que l'on ſoit dans l'opinion que l'excavation eſt un cône, on va faire une erreur conſidérable dans l'eſtimation de la charge: puiſque, tandis qu'il faudra, par exemple, 400 livres de poudre pour le cône, il en faudra 700 pour le cône tronqué.

La figure curviligne cauſée par la preſſion de la poudre au fond de l'entonnoir, joint à ce qu'il paroît que les cô-

tés B A & D C ne ſont pas parfaitement en ligne droite, a fait penſer que le ſolide enlevé par l'effet d'un fourneau, pourroit bien être un paraboloïde. On a même fait quelques remarques qui ont paru aſſez conformes à ce ſentiment : & ceux qui ont quelque raiſon de croire, que l'excavation d'une mine eſt un paraboloïde B G C, diſent qu'ayant un fourneau à l'endroit F, la ligne de moindre réſiſtance E F eſt égale au rayon E C du cercle de l'entonnoir, comme dans le cône tronqué, & que la ligne F G qui exprime la preſſion des terres au-deſſous du fourneau, eſt égale au quart du paramétre de la parabole, dont le foyer eſt au centre du fourneau. Or, comme l'on ne peut connoître la valeur du paraboloïde tronqué A B C D, ſans avoir celle de la ligne F G, voici comme on pourra la trouver, & par conſéquent s'apperçevoir ſi la preſſion des terres dans l'effet d'une mine qui viendroit à jouer dans un terrein d'une conſiſtance ordinaire, ſe rapporte à ce qui eſt déterminé par le foyer de la parabole. Figure 4.

Si l'on prolonge l'axe E G de la longueur G H égale à F G, c'eſt-à-dire, au quart du paramétre, la ligne I K per-

pendiculaire à l'axe prolongé, ſera la directrice de la parabole; & par la propriété de cette courbe, l'on aura H E = F C, qui eſt l'hypoténuſe d'un triangle rectangle & iſoſcele E F C. Or, ſuppoſant que la ligne de moindre réſiſtance E F ſoit de 40 pieds, on trouvera, par la propriété du triangle rectangle, que la ligne F C eſt de 56 pieds, 6 pouces, 8 lignes, qui eſt auſſi la valeur de la ligne E H; d'où retranchant la ligne E F de 40 pieds, la différence ſera 16 pieds, 6 pouces, 8 lignes pour la ligne F H, dont la moitié eſt 8 pieds, 3 pouces, 4 lignes, pour la ligne F G, de ſorte qu'il faudroit, pour que l'excavation d'une mine dans les terres ordinaires fût un paraboloïde, que, lorſque la ligne de moindre réſiſtance E F aura 40 pieds, le cul de chaudron A G D fût de 8 pieds, 3 pouces, 4 lignes de profondeur; ce qui eſt une preſſion bien conſidérable qui ne pourroit arriver, ſelon toute apparence, que dans un terrein d'une foible conſiſtance. Après tout, que l'excavation d'une mine ſoit un cône tronqué ou un paraboloïde, on peut dans la pratique ſe ſervir indifféremment de l'un ou de l'autre; puiſque, ſelon le calcul que j'en ai fait, j'ai trouvé qu'une mine qui auroit

40 pieds de ligne de moindre réſiſtance, enlevera 119821 pieds cubes ſelon le paraboloïde, & 118115, ſelon le cône tronqué, & comme la premiere quantité ne différe de la ſeconde que d'un 72me, j'aimerois mieux m'en tenir au cône tronqué qu'au paraboloïde, parce que le premier eſt moins compoſé que le ſecond.

MÉMOIRE

Sur la charge qu'il convient de donner aux fourneaux des Mines.

DE toutes les parties de la guerre, il n'y en a point où les mathématiques & la phyſique ayent plus de part, que dans la ſcience des mines, ſi l'on vouloit la traiter avec toute la théorie qui s'y trouve attachée. La plûpart de ceux qui en ont eu juſqu'ici la conduite, l'ont fait conſiſter à ſçavoir conduire une galerie d'une certaine longueur, afin de placer des fourneaux aux endroits qu'on ſe propoſoit de faire ſauter; il leur ſuffiſoit d'avoir un peu de pratique, & l'uſage de quelque table néceſ-

ſaite à la charge des fourneaux ; pour exécuter ce qui ſe fait ordinairement. Comme ils ne portoient point leur vûe au-delà de la manœuvre ordinaire, ils n'ont pas cru qu'il y avoit des régles qui puiſſent meſurer les efforts de la poudre, & une induſtrie à conduire des galeries des rameaux, qui rendiſſent une place auſſi reſpectable par les forces ſouterraines, que par les ouvrages de fortification les mieux conditionnés. On ſeroit peut-être encore dans ce préjugé, ſi le célébre M. *de Valliere* n'avoit fait ſentir qu'il y avoit dans la conduite des mines, un art que la géométrie ſeule étoit capable de développer ; & c'eſt en ſuivant ſes vûes, que je vais expliquer une des choſes la plus eſſentielle de la ſcience des mines.

L'uſage ordinaire pour charger les mines, eſt qu'après avoir trouvé la quantité de toiſes ou de pieds cubes de terres qu'un fourneau doit enlever, on multiplie cette quantité par le nombre de livres de poudre qu'on juge néceſſaire pour chaque toiſe cube ; par exemple, ſi c'eſt une terre vierge, & qu'on veuille employer 16 livres de poudre par toiſe, voulant ſçavoir combien il en faut pour un fourneau qui auroit 15 pieds

de

de ligne de moindre réſiſtance, on multiplie 28 toiſes cubes (qui eſt la valeur de la maſſe qui répond à cette ligne) par 16; il vient 448 livres de poudre pour la charge du fourneau.

C'eſt ainſi qu'on a agi juſqu'à préſent, pour trouver la charge des fourneaux; mais ſi l'on conſidere que dans l'effet des mines, il ne faut pas ſeulement avoir égard à la peſanteur des terres, mais encore à leur ténacité, on verra qu'il ne ſuffit pas, pour proportionner exactement la charge de deux fourneaux différens, d'avoir égard à la quantité de terres de chacune, c'eſt-à-dire, que ſi l'on a 8 toiſes cubes, à enlever d'une part, & 16 toiſes cubes de l'autre dans le même terrein, la charge des deux fourneaux ne doit pas être dans la raiſon de 8 à 16; car le grand fourneau ſera plus chargé à proportion que le petit, comme on le va voir.

On ſçait que les corps ſemblables ſont dans la raiſon des cubes de leurs axes: ainſi, ſi l'on a deux fourneaux à faire jouer, dont les lignes de moindre réſiſtance ſoient inégales, ces fourneaux ayant à enlever des cônes tronqués ſemblables, on peut dire que les maſſes ſont dans la raiſon des cubes des lignes de moindre réſiſ-

tance. Mais on ſçait auſſi que les ſurfaces des corps ſemblables ſont dans la raiſon des quarrés de leurs axes; & comme la ténacité des terres à l'égard de l'effet d'un fourneau, répond préciſément à la ſurface du corps qu'il doit enlever, on voit que, s'il faut avoir égard dans l'effet des mines au poids des terres & à leur ténacité, ce ſont les cubes & les quarrés des lignes de moindre réſiſtance, qui déterminent le rapport de leurs poids & de leur ténacité. Or, comme la poudre fait plus d'effort pour détacher les terres, qu'elle n'en fait pour les enlever, ce n'eſt donc point ſans raiſon que je dis qu'il faut, pour charger les fourneaux, avoir non-ſeulement égard au rapport du poids des terres, mais encore à celui de leur ténacité. Préſentement, ſi l'on fait attention que de pluſieurs corps ſemblables & inégaux, les plus grands ont moins de ſurface à proportion que les plus petits; on verra que la ténacité des terres pouvant être exprimée par la ſurface du corps que la poudre doit enlever, ou par le quarré de la ligne de moindre réſiſtance, il y a moins de ténacité à proportion dans les mines qui ont de grandes lignes de moindre réſiſtance, que dans celles qui

en ont de plus petites. Par exemple, ſi l'on ſuppoſe deux fourneaux, dont la ligne de moindre réſiſtance du plus petit, ſoit de 10 pieds, & celle du plus grand de 20, la ténacité des terres ſera dans la raiſon des quarrés de 10 à 20, c'eſt-à-dire, comme 100 eſt à 400; & le poids ſera comme le cube de 10 eſt au cube de 20, c'eſt-à-dire, comme 1000 eſt à 8000. Ce qui fait voir que de deux mines, dont l'une a une ligne de moindre réſiſtance double de l'autre, le poids des terres de la plus grande eſt octuple de celui des terres de la plus petite, tandis que la ténacité de la plus grande n'eſt que quadruple de la ténacité de la plus petite. Si donc on ne fait attention qu'à la quantité des terres pour proportionner la charge des mines, on charge les grandes mines beaucoup plus à proportion que les petites; ce qui eſt une conſommation de poudre ſuperflue, qui peut devenir même nuiſible, par les débris qu'une mine trop chargée jette quelquefois ſur ceux mêmes qui la font jouer.

Si l'on vouloit examiner préſentement de quelle façon l'air peut avoir part dans l'effet des mines, il faudroit conſidérer la force de ſon reſſort, quand il

eſt dilaté dans un fourneau, dans quelle raiſon la force de ce reſſort augmente à meſure que la poudre s'enflamme; quelles ſont les altérations qu'il peut recevoir, en agiſſant contre le corps qu'il pouſſe, calculer même le poids de l'atmoſphere qui répond aux lignes de moindre réſiſtance; faiſant voir que ce poids ſe trouve dans la raiſon des quarrés des lignes de moindre réſiſtance, tandis que celui des terres eſt dans la raiſon des cubes des mêmes lignes; mais, comme cela me conduiroit inſenſiblement dans une phyſique abſtraite, qui demanderoit d'être précédée de certains principes, dont je ne ſuppoſe point ici la connoiſſance, je me contenterai de ne parler que de ce qui a le plus de rapport à la géométrie, afin de ne rien avancer qui ne ſe réduiſe au calcul.

Comme la méthode de ſe bien conduire dans l'étude des ſciences & dans la pratique des arts, eſt l'unique voie pour acquérir beaucoup de connoiſſances; voici, ce me ſemble, ce qu'il faudroit ſuivre pour meſurer la force de la poudre dans les mines, afin de ſçavoir combien il en faut pour la ténacité, combien pour le poids des terres, & combien pour le poids & la ténacité enſemble.

Ayant fait pluſieurs mines, dont les lignes de moindre réſiſtance ſoient égales, & cela dans un terrein de même conſiſtance, il faudra charger trois ou quatre de ces mines avec une quantité de poudre médiocre, eſtimée néceſſaire ſeulement pour ébranler aſſez les terres, depuis le fond du fourneau juſqu'à la ſurface du terrein, pour qu'on puiſſe y appercevoir une circonférence de cercle formée ſur la ſurface de la terre: & comme l'on ne pourroit peut-être pas rencontrer par haſard une charge convenable à un pareil effet, il faudroit que ces fourneaux fuſſent plus ou moins chargés les uns que les autres. Or, ſuppoſons que ces fourneaux ayant chacun 8 pieds pour ligne de moindre réſiſtance, il s'en rencontre un qui étant chargé avec 50 livres de poudre, ait formé le cercle que nous demandons, c'eſt-à-dire, qu'il ait tracé le cercle de la grandeur ordinaire de l'entonnoir, ſans qu'il paroiſſe cependant d'entonnoir. Car je ſuppoſe que le terrein renfermé dans cette circonférence, n'a fait que ſe ſoulever tant ſoit peu. Or, ſi cela arrive ainſi, la quantité de poudre néceſſaire pour détacher la maſſe, ſera meſurée par 50 livres de poudre: & comme nous

avons fait voir que la ténacité des terres étoit dans la même raiſon que les quarrés des lignes de moindre réſiſtance, ſi après cette épreuve l'on vouloit ſçavoir quelle eſt la quantité de poudre néceſſaire pour faire un pareil effet à l'égard d'une mine qui auroit 12 pieds de ligne de moindre réſiſtance, & placée dans un terrein de même conſiſtance, il faudroit dire : ſi 64, qui eſt le quarré d'une ligne de 8 pieds, donne 50 livres de poudre pour la ténacité, combien donneront 144, qui eſt le quarré d'une ligne de moindre réſiſtance de 12 pieds, pour la ténacité de la maſſe de cette ligne ? On trouvera 112 livres de poudre pour faire l'effet que l'on demande. Il en ſera de même pour toutes les autres.

Comme les mines ont pluſieurs fins, & qu'il y a des cas où elles ne ſçauroient faire un trop grand déblai des terres, j'ai recours à de nouvelles épreuves, c'eſt-à-dire, qu'ayant trois ou quatre mines, dont les lignes de moindre réſiſtance fuſſent encore de 8 pieds, je charge toutes ces mines avec une quantité de poudre bien plus grande que celle de la premiere épreuve, parce que je veux avoir des grands entonnoirs bien net-

toyés : & comme j'ignore la quantité de poudre néceſſaire, je charge mes fourneaux plus fort les uns que les autres. Suppoſant que celui dont l'effet s'eſt trouvé ſelon mon intention, a été chargé avec 70 livres de poudre, je regarde cette charge comme étant capable de vaincre la ténacité & le poids des terres d'une ligne de moindre réſiſtance de 8 pieds. Or négligeant pour un moment la ténacité, qui ſe trouve moindre à proportion dans une grande mine que dans une petite ; & n'ayant plus égard qu'à la maſſe des terres, je me rappelle que ces maſſes ſont comme les cubes des lignes de moindre réſiſtance. Cela poſé, ſi l'on me demande quelle doit être la charge d'une mine qui auroit 15 pieds de ligne de moindre réſiſtance, afin qu'elle faſſe un effet ſemblable à celui de la ſeconde épreuve, c'eſt-à-dire, qu'elle faſſe un entonnoir, je dis : ſi le cube d'une ligne de moindre réſiſtance de 8 pieds, qui eſt 512, demande 70 livres de poudre, que demandera le cube d'une ligne de moindre réſiſtance de 15 pieds, qui eſt 3375, pour la quantité de poudre qu'il lui faut ? On trouvera 461 livres ; ſur quoi l'on pourra diminuer, ſi l'on veut, ce que la grande mine

a moins en ténacité que la petite, comme je le ferai voir dans la ſuite.

Faiſant des ſemblables épreuves pour toutes ſortes de terreins, il me ſuffira de ſçavoir ce qu'il faut de poudre pour une ligne de moindre réſiſtance déterminée pour chaque ſorte de terrein en particulier, afin de trouver, moyennant cette régle, la charge des fourneaux de telle ligne de moindre réſiſtance que l'on voudra; & cela d'une façon ſi générale, qu'il m'eſt indifférent de ſçavoir ſi l'excavation d'une mine eſt un paraboloïde, ou un cône tronqué, ou un ſolide de toute autre eſpéce; puiſque je n'ai pas beſoin de les meſurer pour charger les mines. Ce que je trouve de plus avantageux dans cette méthode, c'eſt, que, comme il y a toute apparence que ces corps changent de figure, ſelon les différentes conſiſtances de la matiere à détacher ou à enlever, je ne m'embarraſſe pas ſi la figure de l'effet d'une mine eſt différente dans la maçonnerie que dans le roc, dans le roc que dans le tuf, dans le tuf que dans les terres ordinaires; il me ſuffit de ſçavoir que ces corps ſont ſemblables dans les terreins de même conſiſtance, & qu'étant ſemblables, ils ſont par conſéquent dans la raiſon des

cubes des lignes de moindre réſiſtance; & par ce principe je trouve avec beaucoup de facilité la charge de tous les fourneaux, comme on le peut vérifier par les tables dont les Mineurs ſe ſervent, où je vois que pour une ligne de moindre réſiſtance de 8 pieds dans les terres ordinaires, il faut 48 livres de poudre. Si donc on demande combien il en faut pour une ligne de moindre réſiſtance de 15 pieds, je dis: ſi le cube de 8, qui eſt 512, donne 48 livres de poudre, combien donnera le cube de 15, qui eſt 3375, on trouvera 316 liv. pour la charge que l'on cherche, qui eſt un terme qui répond au nombre 15 dans la même table. Il en ſera de même pour tous les autres; ce qui fait voir qu'il ſuffit de retenir un terme ſeulement pour trouver toutes les charges des mines de différentes lignes de moindre réſiſtance.

On peut tirer de ce que je viens de dire une maniere aiſée de calculer les tables pour la charge des fourneaux, ſans s'embarraſſer à la vérité de la figure du ſolide qu'ils ont à enlever; mais ces tables deviendroient ſemblables aux anciennes, où ceux qui les ont calculées, n'ont eu égard qu'à la maſſe, ſans penſer à la ténacité: ainſi nous tomberions

dans le même cas, c'eſt-à-dire, de trop charger les grandes mines, à proportion des petites; il faut donc faire voir la maniere d'éviter ce défaut, & l'uſage qu'on peut faire des épreuves précédentes.

Nous avons ſuppoſé que la ténacité d'une mine qui auroit 8 pieds de ligne de moindre réſiſtance, étoit meſurée par 50 livres de poudre, & que la ténacité & le poids des terres pour la même ligne étoient meſurées par 70 livres, qui eſt la charge qu'il faut pour bien nettoyer l'entonnoir. Or, ſi l'on retranche ce que l'on a eſtimé néceſſaire pour la ténacité de la charge qui comprend le poids & la ténacité enſemble, la différence ſera ce qu'il faut pour le poids ſeulement: ainſi ſouſtrayant 50 de 70, l'on aura 20 livres de poudre pour le poids d'une ligne de moindre réſiſtance de 8 pieds. Préſentement ſi l'on demande quelle doit être la charge d'une mine dont la ligne de moindre réſiſtance ſeroit de 15 pieds, & que cette charge ſoit bien proportionnée à celle de 8 pieds, on doit commencer par chercher ce qu'il faut pour la ténacité, en diſant: ſi le quarré d'une ligne de 8 pieds, qui eſt 64, donne 50 livres pour la téna-

cité, combien donnera le quarré d'une ligne de 15 pieds, qui eſt 225, pour la ténacité des terres de la mine qui répond à cette ligne, on trouvera qu'il faut 175 livres de poudre. Pour ſçavoir préſentement combien il en faut pour le poids, je dis: ſi le cube d'une ligne de 8 pieds, qui eſt 512, donne 20 liv. de poudre pour le poids, combien donnera le cube de 15 pieds, qui eſt 3375, on trouvera 122. Ainſi ajoutant enſemble les deux termes que l'on vient de trouver, on aura 307 livres de poudre pour la charge qui convient à la ténacité & au poids des terres d'une ligne de 15 pieds: mais nous avons vû ci-devant que, n'ayant égard qu'à la maſſe, lorſqu'une mine dont la ligne de moindre réſiſtance eſt de 8 pieds, ſera chargée avec 70 livres de poudre, il en falloit 461 livres pour la mine d'une ligne de 15 pieds. Ainſi cette charge-là eſt bien plus forte que celle que nous venons de trouver, puiſqu'elle ſurpaſſe la derniere de 154, qui eſt une quantité de poudre que l'on mettroit de trop dans la mine de 15 pieds, ſi l'on n'avoit point égard à ce que les grandes mines ont de moins en ténacité que les petites.

Les épreuves dont je viens de parler, paroiſſent aſſez de conſéquence pour mériter la peine d'être exécutées; c'eſt à quoi l'on devroit s'attacher dans les Ecoles, ſans en excepter une, parce que le terrein qui ſe trouvera dans le voiſinage de celle-ci, ne ſera peut-être pas dans celui de l'autre. Ainſi l'on pourroit avoir dans la ſuite des tables pour toutes ſortes de terreins, au lieu que celles qui ſont entre les mains de tout le monde, ſemblent ne regarder que les terres ordinaires; & comme ces tables ont été calculées par différentes perſonnes, celles des unes différent entiérement de celles des autres. Ce qu'il y a de plus ſurprenant, c'eſt que la plûpart de ceux qui en font uſage, s'en ſervent indifféremment dans l'attaque & la défenſe des places, n'y trouvant point de différence. Cependant les mines des aſſiégeans & celles des aſſiégés ont un objet bien différent; car les mines des aſſiégeans, autant qu'elles regardent le chemin couvert, & même les brêches, ne ſçauroient faire de trop grandes ouvertures, pour avoir des logemens ſpacieux, & capables de contenir beaucoup de monde; au lieu que celles des aſſiégés ne doivent que cul-

buter les travaux de l'ennemi : autrement ſi pour faire ſauter quelques gabions avec huit ou dix hommes, ils font des entonnoirs à loger des compagnies entieres de Grenadiers, c'eſt une conduite qui ne tendra point à leur ſalut. Il y a cependant des cas où il faut que les mines des aſſiégés faſſent des grands effets, mais ce n'eſt que lorſqu'elles ſont deſtinées à faire ſauter des batteries ; car ſi ces batteries ſe trouvent à l'unique endroit duquel on puiſſe faire brêche, plus les entonnoirs ſeront grands, & plus il faudra du tems pour les combler & pour réparer le dommage qu'on y aura fait ; ces entonnoirs ne pouvant point d'ailleurs ſervir de logement, puiſque dans ce tems-là, l'ennemi ſera maître du chemin couvert, & aura beſoin de cet endroit-là pour rétablir ſa batterie.

Le Diſcours précédent ayant été envoyé à la Cour, Elle a jugé à propos que les épreuves que j'y propoſe, fuſſent exécutées ; & c'eſt à quoi l'on va travailler inceſſamment.

M. *de Valliere* ayant auſſi examiné ce Mémoire, a bien voulu me témoigner qu'il avoit bonne opinion de la maniere dont ces épreuves ſeroient faites, étant

ſatisfait du principe ſur lequel elles étoient établies. Il eſt vrai que j'ai déja eu lieu de m'en appercevoir, par le ſuccès des mines que nous avons fait jouer l'été dernier, au ſiége de la fortification de l'Ecole de la Fere, où j'ai fait ſauter juſqu'à trois fois en 18 pieds de terre vierge, les batteries que les aſſiégeans avoient faites ſur le chemin couvert; avec cette circonſtance, que les piéces de 24 qui étoient en batterie, ont été jettées du côté de la place, comme je me l'étois propoſé, afin que les aſſiégés s'étant emparés du canon de l'ennemi, ce dernier fût contraint d'en faire venir du nouveau, toutes les fois qu'il ſeroit obligé de rétablir ſes batteries. Ceci eſt arrivé aux attaques de la droite & de la gauche, avec l'applaudiſſement même de ceux qui avoient le plus douté de la réuſſite d'un deſſein, qui pour n'avoir pas encore été mis en uſage, ſembloit demander une épreuve qui confirmât la juſteſſe des régles que j'avois données pour la diſpoſition des fourneaux, & la quantité des poudres, dont ils devoient être chargés. Je n'ai pas manqué d'avoir égard à ce que les grandes mines ont moins en ténacité que les petites, & à pluſieurs autres conſidérations que je

pourrai expliquer quelque jour dans un *Traité des Mines*, quand les expériences que je ſuis à portée de faire à ce ſujet, m'auront mis en état de juſtifier la théorie par la pratique, ayant l'avantage de travailler ſous les yeux d'un Commandant, dont toutes les vûes tendent au bien du ſervice, & à l'inſtruction d'une Ecole compoſée d'un nombre d'Officiers, de la capacité & de l'application deſquels on peut tout eſpérer.

ESSAI
D'UNE NOUVELLE
THÉORIE,
SUR
LA POUDRE A CANON.

PAR M. BELIDOR.

LA poudre étant devenue l'ame de l'artillerie, & d'un uſage ſi général, on pourroit s'étonner qu'on ſe ſoit ſi peu attaché à rechercher les cauſes phyſiques de ſes effets, qu'on a regardés juſqu'ici comme quelque choſe d'inconcevable; il ſemble même qu'il y a de la témérité à oſer l'entreprendre; mais quand on ne ſeroit point aſſez heureux pour réuſſir, il ſuffit que le motif qui nous anime, réponde au devoir de notre profeſſion, pour qu'il doive tenir lieu d'excuſe. On eſt parvenu, dans ces derniers tems,

tems, à traiter des ſujets fort abſtraits avec une clarté & une évidence dont on ne les avoit pas crû ſuſceptibles autrefois ; mais par combien de plumes n'ont-ils point paſſé, avant que d'arriver à cette perfection. Si l'on avoit écrit ſur les effets de la poudre depuis qu'elle s'eſt rendue ſi néceſſaire, ceux qui voudroient la traiter aujourd'hui, auroient un grand avantage, & pourroient eſpérer qu'en profitant des lumieres des autres, ils iroient plus loin : mais c'eſt ce qui ne ſe rencontre point, puiſqu'excepté quelques traits répandus dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, & qui m'ont beaucoup ſervi, je n'ai rien trouvé ailleurs qui ne ſoit au-deſſous du médiocre ; de ſorte que je ſuis à peu près dans le cas de ceux qui ont été obligés de tirer tout de leur propre fonds, c'eſt pourquoi je demande la même grace qu'on a coutume de leur accorder.

La poudre fut inventée dans le commencement du XIVme ſiécle, par un nommé *Bertholde Schwartz*, Cordelier originaire de *Fribourg*, qui s'appliquoit à la Chymie ; & l'on prétend que ce fut par un pur haſard qu'il découvrit un phénomene ſi ſurprenant. Or, pour en parler avec méthode, je conſidere que les

effets de la poudre doivent néceſſairement dépendre ; 1°. des propriétés de l'air ; car la poudre n'eſt qu'un feu qui a la vertu de mettre l'air en action, après quoi, c'eſt lui ſeul qui produit tout le reſte, comme je le prouverai ; 2°. des qualités des matieres dont elle eſt compoſée, c'eſt-à-dire du ſalpêtre, du ſoufre & du charbon, afin de voir comment elles agiſſent les unes par rapport aux autres, & la néceſſité de leur mêlange ; 3°. de quelle maniere elle s'enflamme, & ſelon quelle loi ſe fait cette inflammation. Je vais donc examiner chacun de ces ſujets en particulier : mais comme ils paroîtront peut-être un peu abſtraits à ceux qui n'ont pas une grande connoiſſance de la Phyſique, il eſt bon de les avertir de ne point paſſer d'article légérement, n'y en ayant aucun qui ne ſoit eſſentiel pour l'intelligence de ce Mémoire.

Comme l'air a de la peſanteur, celui que nous reſpirons étant chargé du poids de tout l'athmoſphere, il doit faire autant d'effort pour ſe dilater, que celui dont il eſt chargé en fait pour le comprimer ; & le premier n'agiſſant contre celui-ci, que par la vertu de reſſort qui lui eſt propre, l'on peut dire que l'air

qui répond à la ſurface de la terre, eſt en équilibre par ſon reſſort avec tout le poids de l'athmoſphere.

Si l'on demande en quoi conſiſte le reſſort de l'air, on ne peut mieux le concevoir, qu'en ſuppoſant qu'il eſt compoſé d'une infinité de petites lames, qui étant comprimées par une force étrangere, font effort pour ſe débander, & ſe remettre dans leur état naturel; ce qui leur donne une force élaſtique, qui eſt dans la raiſon des poids dont elles ſont comprimées; ou, ce qui eſt la même choſe, dans la raiſon inverſe de la diminution du volume qu'elles occupoient auparavant la compreſſion. Quand je dis que le reſſort de l'air eſt compoſé de petites lames, je ne prétends pas que cela ſoit abſolument, puiſque nous n'avons aucune connoiſſance de ſa figure: l'on eſt ſeulement ſûr de l'exiſtence de ce reſſort, parce que c'eſt un fait d'expérience; & pour fixer l'imagination, on peut ſuppoſer qu'il eſt compoſé de petites lames; & quand il ſeroit tout-à-fait différent, ſes propriétés n'en ſeroient pas moins les mêmes.

L'air a auſſi la vertu de ſe raréfier par le feu; car, comme l'action de la chaleur conſiſte dans la matiere ſubtile

miſe en mouvement, quand cette matiere vient à s'inſinuer dans une certaine quantité d'air, elle en développe les lames, qui occupent alors un bien plus grand volume qu'auparavant, ſi rien ne leur fait obſtacle; mais ſi elles ſont retenues, & comme empriſonnées par la réſiſtance de quelque corps, elles font effort de toutes parts contre ces mêmes corps, pour les écarter. Or, comme plus le nombre de ces reſſorts ſera grand, étant renfermés, & plus la force élaſtique de l'air ſera conſidérable, quand il ſera mis en action par la chaleur, il s'enſuit que l'air condenſé venant à ſe raréfier, eſt capable d'une bien plus grande force élaſtique, que s'il étoit en équilibre avec celui que nous reſpirons; & qu'ainſi la force du reſſort de l'air renfermé, augmente encore dans la proportion inverſe de la diminution de ſon volume, quoique raréfié avec un même degré de chaleur.

L'humidité augmente auſſi de beaucoup la force du reſſort de l'air, ſoit qu'on le condenſe, ou qu'on le raréfie: car, comme l'humidité reſſerre les petites lames dont nous ſuppoſons que l'air eſt compoſé, elles ſe preſſent mieux les unes contre les autres, & par conſé-

quent il en peut contenir une plus grande quantité qu'auparavant dans un même eſpace. Je ne m'arrêterai pas à donner des raiſons plus particulieres des propriétés de l'air, l'expérience qui décide ſouverainement, & qui eſt conforme à ce que nous venons de dire, en eſt la preuve la plus convaincante. Mais, pour bien concevoir les effets de la raréfaction & de la condenſation, afin de les mieux rapporter à la poudre, il eſt bon, avant toutes choſes, d'être prévenu de ce qui ſuit.

Si l'on imagine un globe creux, d'une épaiſſeur inſenſible, d'un pied de diamétre, rempli d'air tel que le nôtre, qui ne puiſſe ſortir par aucune ouverture, cet air ſera en équilibre par ſon reſſort avec celui de dehors; mais, comme une colonne de ce dernier, qui auroit un pied ou 144 pouces de baſe, peſe environ 2232 livres, ſi la ſurface de ce dernier étoit de 144 pouces, elle ſoutiendroit donc un effort de 2232 livres: mais ayant un pied de diamétre, elle ſera de 452 pouces, ainſi l'air du dedans ſera un effort de 7006 livres contre la ſurface concave, car il y aura même raiſon de 144 pouces à la ſurface du globe, que de 2232 livres à

l'effort que fera l'air renfermé. Si l'on conſidére auſſi un pied cubique creux, contenant une quantité d'air égale à ſon volume, celui-ci étant encore en équilibre par ſon reſſort avec l'athmoſphere, chaque face d'un pied quarré ſoutiendra un poids de 2232 livres, par conſéquent les ſix enſemble en ſoutiendront un de 13392 livres, qui eſt l'effort total que l'air du dedans fera pour ſe dilater.

Enfin, ſi l'on ſuppoſe un cylindre creux, bien fermé de toutes parts, dont le diamétre de la baſe ſoit d'un pied, & la hauteur auſſi d'un pied, l'air du dedans étant toujours en équilibre par ſon reſſort avec celui du dehors; il y aura même raiſon du quarré du diamétre d'un pied à la ſuperficie du cercle, que de 2232 livres à l'effort que ſoutiendra chaque cercle, qui ſe trouve de 1753; ainſi l'on voit qu'en général l'on trouvera toujours l'effort que fait l'air renfermé, contre la ſurface intérieure d'un corps, ou contre une de ſes parties, en conſidérant que cet effort eſt égal au poids d'une colonne d'air, qui auroit pour baſe toute la ſurface, ou une de ſes parties, & pour hauteur celle de l'athmoſphere.

Nous ſervant encore du globe d'un

pied de diamétre, ſi l'air qui s'y trouve renfermé, étoit raréfié juſqu'à pouvoir occuper un volume quatre mille fois plus grand que le ſien, ſa force élaſtique ſeroit capable d'un effort quatre mille fois plus grand que celui qu'il fait, lorſqu'il eſt en équilibre avec l'air extérieur. Or la raréfaction étant la cauſe de la force que le reſſort de l'air peut acquérir, il s'enſuit qu'on connoîtra cette force, quand on pourra meſurer la raréfaction; j'entends quand on pourra connoître de combien elle eſt au-deſſus de l'air que nous reſpirons. Mais comme nous ne conſidérons ici la raréfaction, que par rapport à la poudre dont la force ne conſiſte que dans la vertu de raréfier l'air avec lequel elle eſt mêlée, comme nous l'avons déja dit; il ne s'agit donc, pour la connoître, que de ſçavoir combien elle peut le raréfier, & c'eſt ce que l'on n'ignore pas abſolument; puiſque, ſuivant les expériences de M. *Amontons*, & celles que j'ai faites moi-même, une certaine quantité de poudre enflammée, augmente ſon volume de quatre mille fois, lorſqu'elle a la liberté de dilater l'air avec lequel elle eſt mêlée: c'eſt-à-dire, par exemple, qu'un pied cube de poudre allumée répand une flamme dont

le volume eſt de quatre mille pieds cube, & même un peu au-delà. Or, pour bien concevoir en quoi conſiſte cette raréfaction, il faut conſidérer qu'elle n'eſt autre choſe que l'air même qui étoit renfermé dans les grains de poudre, & celui qui étoit entre leur intervalle, mis en action par le feu du ſoufre & du charbon qui l'ont entiérement dilaté; c'eſt-à-dire, que ſes parties ſont ſéparées les unes des autres par le mouvement de la matiere ſubtile, que l'on peut prendre ici pour le feu même; par conſéquent la poudre allumée n'eſt qu'un fluide à reſſort.

Si l'on ſuppoſe préſentement le globe d'un pied de diamétre rempli de poudre, & que cette poudre pût s'enflammer entiérement, ſans que la ſurface en fût ébranlée, elle ſe changera en un fluide qui augmenteroit ſon volume, c'eſt-à-dire celui du globe, de quatre mille fois, ſi elle avoit la liberté de ſe dilater: mais en étant empêchée, elle fera donc le même effort ſur le globe que ci-devant, en y ſuppoſant l'air raréfié de quatre mille fois, c'eſt-à-dire, qu'il ſera de 23332000 livres: car la poudre allumée, fera le même effet que l'air raréfié par telle cauſe que l'on vou-

dra, quand l'un & l'autre tendront à ſe dilater également, puiſque leur force ne conſiſte qu'en cela. On trouvera donc auſſi, en ſuivant le même principe, l'effort que la poudre fera dans le cube & dans le cylindre; car ayant vû que dans le cube, par exemple, l'air naturel y fait un effort de 13392 livres étant rempli de poudre, il s'en fera par conſéquent un de quatre mille fois plus grand, c'eſt-à-dire, de 53568000 livres: il ſemble donc qu'il ne paroît pas qu'il ſoit impoſſible de ſoumettre la force de la poudre au calcul, quand on en connoîtra la quantité, & qu'on ſçaura la figure de la chambre où elle ſera renfermée; mais ce qui pourroit peut-être empêcher qu'on ne pût rendre ce calcul bien exact, c'eſt qu'elle ne s'enflamme pas toute à la fois dans le même inſtant, & que les corps qui lui réſiſtent, cédent dès qu'elle commence à s'enflammer: & c'eſt ce qui fait qu'un boulet de canon eſt ſorti de la piéce avant que toute la poudre ait pris feu, & que les bombes & les grenades crevent dès qu'une partie de leur charge eſt enflammée, ne l'étant jamais entiérement quand elles éclatent, comme on le remarque par l'impreſſion que celle qui s'allume après,

fait dans l'endroit où ces corps ſont tombés : mais on pourroit ſurmonter ces difficultés, ſi l'on parvenoit à ſçavoir ſelon quelle proportion la poudre s'enflamme.

Cependant il eſt à remarquer que ſi l'air que nous avons ſuppoſé dans la ſphere, le cube & le cylindre, en ſe raréfiant, venoit par ſon effort à aggrandir la capacité de ce corps, la force de ſon reſſort diminueroit dans la raiſon que ſon volume augmenteroit ; par exemple, ſi l'air du globe étant raréfié à un certain point, l'avoit aggrandi juſqu'à avoir deux pieds de diamétre, ſon effort ne ſeroit plus que la huitiéme partie de celui dont il auroit été capable, ſi la ſurface du globe avoit été inflexible. De même ſi un des cercles du cylindre s'éloignoit de l'autre qui lui eſt oppoſé, & que la ſurface du cylindre accompagnant toujours ce cercle, augmentât en hauteur à meſure que l'air ſe raréfieroit, ſans pourtant qu'il trouvât aucune ouverture pour s'échapper, la force de ſon reſſort ſera diminuée dans la raiſon de l'augmentation de la hauteur du cylindre : tellement que ſi la hauteur du cylindre étoit devenue double, chaque cercle ne ſoutiendroit plus

que la moitié de l'effort que l'air raréfié auroit fait, s'il ne s'étoit point dilaté. Or, comme la poudre enflammée n'eſt qu'un air extrêmement raréfié, l'on voit que ſi à meſure qu'elle s'enflamme, la capacité où elle étoit enfermée, augmente la force qu'elle auroit eû, ſi elle s'étoit toute enflammée, avant que rien ne cédât, ſera diminuée dans la raiſon qu'elle ſe ſera dilatée. Enfin, on conſidérera encore que ſi l'air qui ſeroit mêlé avec la poudre dans le globe d'un pied de diamétre, ou dans un corps de toute autre figure, étoit une fois plus condenſé qu'il ne l'eſt dans ſon état naturel, la poudre venant à le raréfier, auroit une fois plus de force; & qu'au contraire s'il étoit une fois plus dilaté, ſon effort ſeroit diminué de moitié; ce qui fait voir que la même quantité aura plus ou moins de force, ſelon que l'air qu'elle raréfie, ſe trouvera plus ou moins condenſé. On n'auroit pas cru que la poudre fût une eſpéce de barometre, auſſi eſt-ce en cherchant à perfectionner cette machine, qu'on a découvert les propriétés de l'air, ſans la connoiſſance deſquelles il ne ſeroit pas poſſible de bien raiſonner de la poudre.

Les Phyſiciens ne douteront point du

grand effort dont l'air eſt capable, lorſqu'étant renfermé, il eſt raréfié à un certain point; mais comme cela pourroit n'avoir point la même évidence pour beaucoup d'autres perſonnes, qui ne peuvent s'imaginer qu'il produiſe des effets ſi violens, je les prie de conſidérer que la plûpart des choſes ſurprenantes qui arrivent dans la nature, ne ſont cauſées que par là. Ces petites Iſles, par exemple, qui ont paru tout à coup dans l'Archipel proche celle de *Santorin*, ne ſont ſorties du ſein de la terre, pour s'élever au-deſſus de la ſurface des eaux, dans un endroit où la mer a plus de ſoixante braſſes de profondeur, que parce que les feux ſouterreins ont raréfié l'air contenu dans les cavernes où il étoit renfermé; & ces eſpéces de mines, qui ſont bien au-deſſus de celles que l'on fait jouer avec le ſecours de la poudre, ont dû agir avec un effort bien puiſſant, pour élever des maſſes auſſi extraordinaires, puiſqu'indépendamment de l'immenſité de leur poids, elles avoient encore à ſurmonter celui de l'eau & de l'athmoſphere: les tremblemens de terre, & les grands bruits qui les accompagnent, ne ſont que les effets de la raréfaction. L'on dira peut-être que l'air

ne fait toutes ces choſes, qu'autant qu'il eſt mis en action par le ſalpêtre & le ſoufre qui ſe trouvent dans les entrailles de la terre, parce que ces matieres ont une certaine vertu, ſans laquelle la raréfaction de l'air ne ſuffiroit pas, & qu'ainſi la poudre eſt toujours la cauſe unique des effets que nous voulons attribuer à l'air ſeul : mais quoique ces matieres n'ayent peut-être pas tant de vertu qu'on ſe l'imagine, il n'eſt pas dit qu'on ne puiſſe faire les mêmes effets par la ſeule raréfaction, indépendamment de ce qui entre dans la compoſition de la poudre. L'expérience montre que la chaleur de l'eau bouillante, augmente d'un tiers la force du reſſort de l'air; ſi l'on mettoit donc dans de l'eau bouillante un corps creux rempli d'air bien renfermé, lorſque cet air ſera raréfié à un certain point, la force de ſon reſſort fera rompre ce corps, ſi la réſiſtance de ſes parties eſt au-deſſous de la force que l'air qu'il contient aura acquis, comme je l'ai éprouvé, en mettant des bouteilles de gros verre bien bouchées, dans de l'eau bouillante, qui éclatoient par morceaux un inſtant après, quoiqu'il n'y eût rien dedans que l'air. Mais la chaleur de l'eau bouillante eſt peu de choſe, en compa-

raiſon de celle d'un grand feu ; auſſi arrive-t-il que ſi l'on y met un globe creux, de cuivre ou de fer, bien bouché, dans lequel on aura renfermé un peu de liqueur ſubtile pour accélérer la raréfaction de l'air, il éclate par morceaux avec une grande détonnation comme une petite bombe. Mais je crois avoir aſſez parlé de l'air, pour faire entendre ce que j'ai à dire ſur la poudre ; ainſi venons à l'examen des trois matieres qui la compoſent.

Les Chymiſtes conviennent qu'il y a une matiere huileuſe & inflammable répandue dans tous les mixtes, qui eſt ce que l'on nomme communément ſoufre ; & c'eſt ce qui eſt en effet, puiſque le bois & les autres corps combuſtibles, ne ſe réduiſent en flamme & en charbon, qu'autant qu'ils contiennent de parties bytumineuſes tirées de la terre. L'on convient encore qu'il y a un ſel mêlé généralement dans toutes les matieres, & c'eſt ce qui paroît dans la plûpart des corps qui ſont naturellement ſalés, principalement la terre, puiſqu'on ne peut douter qu'elle ne communique de ſon ſel aux plantes & autres végétaux.

Ce ſel eſt fixe ou volatil ; le ſel fixe

n'a par lui-même aucun mouvement, & par conſéquent ne peut en communiquer aux autres corps avec leſquels il ſe trouve mêlé, au contraire il eſt un obſtacle à l'action des matieres inflammables : le ſel volatil eſt bien différent de celui-ci ; car, comme il eſt compoſé de parties très-déliées qui contiennent beaucoup d'air ſubtil, quand ce ſel eſt uni avec l'huile des mixtes, il la rend bien plus facile à enflammer, qu'elle ne feroit, ſi elle en étoit privée ; & quoique ce ſel ne ſoit point inflammable, il a la propriété de détacher & d'exalter les parties ſulfureuſes, pour les rendre plus ſuſceptibles de mouvement & d'inflammation ; car l'air qu'il contient, venant à ſe raréfier, l'action de la chaleur débande ſon reſſort, écarte de toutes parts les parties qui le retenoient, qui vont, comme de petits dards, détacher les parties groſſieres qui réſiſtoient au mouvement ; & celles de l'huile ſe trouvant ainſi débarraſſées, ſe remuent avec beaucoup d'activité. Ces principes une fois poſés, ils vont nous ſervir à expliquer la nature du ſoufre, du ſalpêtre & du charbon.

Le ſalpêtre qui paroît ſi merveilleux, n'eſt autre choſe qu'un ſel mêlé de beau-

coup d'air ſubtil : cependant la plûpart des gens en ont une idée bien différente, ils penſent que c'eſt une matiere inflammable, qui a quelque qualité extraordinaire qu'on ne peut bien concevoir ; & je ſuis bien ſûr que perſonne n'en a jamais vû brûler ; car le ſalpêtre n'étant qu'un ſel, ne peut être combuſtible. Mais pourquoi, dira-t-on, quand on en jette dans le feu, paroît-il une grande flamme s'élever ſubitement, ſi le ſalpêtre n'étoit inflammable, cela n'arriveroit pas ? En effet, comme il ſemble s'enflammer, il paroît que ce que je viens de dire ne ſoit pas juſte : cependant, ſi l'on y prenoit bien garde, l'on verroit que cette flamme ne provient point du ſalpêtre, mais bien des charbons ardens ſur leſquels on le jette, parce que dans le moment le ſalpêtre met en action les parties ſulfureuſes du charbon qui ne pouvoient s'exhaler, faute d'être aſſez agitées ; & cela eſt ſi vrai, que ſi au lieu de le jetter ſur le charbon, on le ſoutient au milieu d'une grande flamme, bien loin de ſe réduire en feu, on n'y appercevra pas la moindre étincelle ; l'on verra encore que ſi l'on en met ſur une pelle rougie au feu, il ne s'enflammera point non plus, mais ſe réduira en eau, & ſi

on

on laiſſe réfroidir cette liqueur, elle ſe condenſera tout de nouveau. Mais ce qui arrive quand le ſalpêtre eſt devenu liquide par la chaleur, ſoit dans un creuſet ou dans une cuilliere de fer rougie, c'eſt que ſi l'on jette dedans un morceau de bois, ſur le champ on le voit enflammer & conſumer dans un moment, ſans qu'il en reſte aucune partie, ce qui ne peut arriver autrement; car l'air ſubtil qui eſt dans cette liqueur, ſe meut avec une vîteſſe infinie, pénétre les pores du bois, en fait ſortir l'huile, à qui il ne falloit que du mouvement pour être changée en flamme, & les parties les plus groſſieres ſont frottées avec tant de violence par celles de la liqueur, qu'elles deviennent imperceptibles à la fin. Mais pour preuve encore que le ſalpêtre n'eſt point inflammable, & qu'il n'eſt qu'un ſel, malgré un préjugé ſi généralement reçu, c'eſt que ſi l'on en pulvériſe avec du ſoufre, & qu'on mette ce mêlange dans un creuſet ſur le feu, il s'exaltera une grande flamme blanche qui ſe diſſipera avec l'air ſubtil du ſalpêtre, qui s'étant évaporé, ne laiſſera plus qu'un ſel au fond du creuſet, qui eſt une matiere blanchâtre, que les Chymiſtes appellent *ſel Policreſte*.

Le ſoufre, tel qu'on l'employe pour faire la poudre, doit être conſidéré comme une huile unie à beaucoup de ſel fixe, ce qui eſt aiſé à connoître quand on en fait l'analiſe. Si le ſoufre n'étoit compoſé que d'huile, il exalteroit une grande flamme blanche comme les autres matieres graſſes ; mais le ſel fixe dont il eſt mêlé l'empêchant de s'élever, il ne produit qu'une petite flamme bleuâtre ; & ſi au contraire l'on y met du ſel volatil, il fera alors une grande flamme blanche avec détonnation.

Comme il ne faut qu'échauffer l'air pour le raréfier au point que fait la poudre, ſi le ſoufre pulvériſé s'enflammoit fort promptement, il ſuffiroit ſeul pour en produire tous les effets : mais comme nous avons vû que pour lui donner plus d'activité, il ne falloit qu'y joindre du ſalpêtre, il paroît qu'une poudre qui ſeroit compoſée de ces deux matieres ſeulement, devroit convenir parfaitement à la raréfaction. Cependant il eſt à remarquer que quand le ſoufre allumé vient à échauffer l'air ſubtil du ſalpêtre avec lequel il eſt mêlé, ce dernier répand à l'inſtant un vent ſi ſubit & ſi violent, que s'il a l'avantage de rendre plus active la flamme du ſoufre, il a auſſi le dé-

faut de l'éteindre un inſtant après, à moins que quelqu'autre cauſe ne contribue à la continuation du feu; & c'eſt ce que l'on remarque quand on fait une traînée de poudre compoſée de ſoufre & de ſalpêtre, y mettant le feu, il s'exalte une flamme qui s'étend dans le moment, à moins que le feu dont on ſe ſert pour allumer cette poudre, ne ſoit appliqué immédiatement le long de la traînée. Or, pour empêcher cet inconvénient, il a fallu trouver une matiere qui eut la propriété de s'allumer aiſément, & qui au lieu de s'éteindre par la trop grande agitation du ſalpêtre, ne fît que s'en allumer davantage : & c'eſt ce que fait le charbon, quand il eſt incorporé avec le ſoufre & le ſalpêtre.

Le charbon le plus propre pour l'uſage de la poudre eſt celui du bois de *Bourdaine ;* on le coupe & on en ôte l'écorce ſur le champ, & après l'avoir laiſſé ſécher, on le brûle. Mais pour bien concevoir comme il ſe change en charbon, il faut remarquer que le bois en général eſt compoſé d'une infinité de petits filets, ou rameaux branchus, qui s'entrelaſſent les uns dans les autres, laiſſant beaucoup d'intervalles entre leurs parties qui forment les po-

le charbon en cet état eſt excellent pour la poudre ; car, comme il s'allume avec une extrême vîteſſe, & qu'il eſt fort léger, pour peu qu'il ſoit agité, il enflamme les matieres qui peuvent recevoir l'impreſſion de ſon feu. Il eſt vrai qu'étant mis en action par le ſalpêtre, il ne tarde guéres à être anéanti ; mais il ſubſiſte aſſez long-tems pour faire la fonction qui lui convient. Cependant, pour qu'on ne croye pas que le charbon ſoit d'une vertu eſſentielle à la poudre, & qui n'appartient à nul autre qu'à lui, je répéterai encore qu'il ne fait autre choſe, étant mêlé avec le ſoufre & le ſalpêtre, que d'entretenir le feu ; puiſqu'on peut en ſa place ſe ſervir de linge brûlé, ou de moëlle de ſureau bien déſéchée, avec leſquels on fait de très-bonne poudre, parce que ces matieres s'enflamment très-vîte, & entretiennent de même le feu : mais l'on ſe ſert plus volontiers de charbon, parce qu'il eſt commun, & fort aiſé à préparer ; au lieu qu'une autre matiere demanderoit peut-être plus de ſujettion.

Si l'on conſidere à préſent un grain de poudre à canon, compoſé d'une quantité d'autres grains infiniment petits, de ſalpêtre, de ſoufre, & de charbon, ré-

pandus également depuis le centre juſqu'à la ſurface, ſelon la proportion du nombre de chaque eſpéce; mettant le feu à un endroit de la ſurface de ce grain, le ſoufre commencera le premier à s'enflammer comme le plus actif, enſuite le charbon; auſſi-tôt l'air contenu dans les petits grains de ſalpêtre les plus voiſins ſe raréfiera, & mettra en action la flamme du ſoufre & le feu du charbon: mais cet air ne débandera pas ſon reſſort, ſans une petite violence qui détachera les autres grains les plus proches où le feu n'avoit pas encore communiqué; & ſi dans ce petit frémiſſement il s'écarte des grains de ſoufre qui ne fuſſent point enflammés, mais que le charbon le ſoit, il leur communiquera le feu; le ſalpêtre de ſon côté continuera à chaſſer un nombre de grains, dont les uns ſeront enflammés, les autres ne le ſeront pas; mais venant à s'entrechoquer par le mouvement que leur donnera l'air ſubtil, ils ſe communiqueront le feu du ſoufre & du charbon, tant que tous ces petits grains ſoient entiérement enflammés.

Ce que nous venons de dire pour un ſeul grain de poudre, peut s'entendre pour une auſſi grande quantité qu'on

voudra ; puiſque ce ne ſeront que les mêmes choſes répétées dans une infinité d'endroits différens : il eſt vrai que la plûpart des grains ne ſeront peut-être pas compoſés également des trois matieres, les uns pouvant ſe trouver plus chargés de ſoufre ou de ſalpêtre que les autres ; mais ces différences ne peuvent cauſer d'altération, puiſque venant à s'enflammer, ils ſe rendront mutuellement ce qu'ils auront de plus ou de moins. Comme il ne s'agit que de raréfier l'air qui eſt renfermé dans une mine ou dans une arme à feu, dès que cette raréfaction parvient à un certain degré, elle produit tout ce qu'on a coutume d'attribuer à la poudre, qui ſeroit peu de choſe, toute extraordinaire qu'elle paroît, ſans le reſſort de l'air, puiſqu'elle ne fait preſque point d'effets dans la machine du vuide. Nous voilà ſuffiſamment inſtruits de la nature de la poudre, il nous reſte à faire voir de quelle maniere elle s'enflamme.

Tout ce qui ſe fait dans la nature, a beſoin d'un certain tems pour agir : un éclair, par exemple, répand une lumiere ſoudaine qui diſparoît auſſi-tôt qu'elle eſt formée ; mais tout petit que ſoit le tems qu'il faut pour l'appercevoir, on peut

encore en imaginer de plus petit, & celui d'un éclair peut être ſuppoſé diviſé en un nombre de tems égaux, pendant chacun deſquels il peut ſe paſſer quelque choſe de plus ſubit encore : de même, quoiqu'une certaine quantité de poudre s'enflamme avec une vîteſſe ſi prompte qu'elle ſemble échapper à la meſure du tems, l'eſprit apperçoit qu'il y a certainement un intervalle entre l'inſtant où elle commence à s'enflammer, & celui où elle l'eſt entiérement : on concevra donc qu'entre le premier & le dernier inſtant où la poudre commence & finit à s'enflammer, il en eſt un nombre d'autres interpoſés, durant chacun deſquels il s'enflamme une certaine quantité de poudre ; tellement que ſi dans le premier inſtant il s'eſt enflammé un grain de poudre, dans le ſecond il s'en enflammera une quantité d'autres qui lui ſont contigus ; dans le troiſiéme, ces ſeconds en enflammeront un bien plus grand nombre encore, puiſqu'ils occupent tous enſemble une plus grande capacité que le premier, & par conſéquent répondent à plus de grains qu'ils ne compoſent eux-mêmes d'unité ; les troiſiémes agiront de même à l'égard des autres, qui feront toujours en plus

grande quantité. Mais pour voir ſelon quelle loi ces grains s'enflamment, nous aurons recours à un globe rempli de poudre; de façon que mettant le feu au centre, l'inflammation ſe faſſe à la ronde : nous ſuppoſerons que le tems qu'il aura fallu à cette poudre pour s'enflammer entiérement, eſt exprimé par la grandeur du rayon diviſé en un nombre de parties égales; comme, par exemple, en cent que nous nommerons inſtans, afin de voir ce qui doit arriver à la poudre dans chacun d'eux : cela poſé, imaginons au centre un petit globe compoſé de poudre, qui auroit pour rayon la premiere des parties égales dont nous venons de parler, c'eſt-à-dire, un inſtant; après celui-ci un autre qui auroit pour rayon deux inſtans; après ce ſecond, un troiſiéme, qui auroit pour rayon trois inſtans; enfin, autant de globes de ſuite, qu'il y a de termes dans une progreſſion arithmétique des nombres naturels 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. dont le plus grand de tous les termes ſeroit 100. Ainſi ces globes qui vont toujours en augmentant, auront pour rayons, les termes mêmes de cette progreſſion : mais ce qui fait la différence du premier globe au ſecond, eſt un orbe; la différence

du ſecond globe au troiſiéme, eſt encore un orbe de même épaiſſeur ; enfin, tous ces globes, en commençant par celui du centre, iront en augmentant d'un orbe dont l'épaiſſeur ſera toujours la même. Or prenant auſſi le globe du centre pour un orbe, on pourra dire qu'il y a autant d'orbes que d'inſtans. Si préſentement l'on ſuppoſe pour un moment, que les grains de poudre qui compoſent l'orbe qui ſuit immédiatement le premier, s'enflamment dans le ſecond inſtant, celui d'après dans le troiſiéme, & ainſi des autres juſqu'au plus grand de tous, on pourra dire qu'il y aura eu autant d'orbes enflammés, que d'inſtans écoulés depuis le commencement de l'inflammation. Mais ces orbes de ſuite forment des ſpheres, & ces ſpheres étant dans la raiſon des cubes de leurs rayons, les quantités de poudre enflammées à la fin d'un certain nombre d'inſtans, ſeront dans la raiſon des cubes des mêmes inſtans ; ainſi, ſelon cette ſuppoſition, la poudre raſſemblée s'enflammant toujours en ſphere, l'on peut dire en général que les quantités de poudre enflammées pendant de certain tems, ſont dans la raiſon des cubes de ces mêmes tems. Or, comme tous les globes que

nous avons imaginés, ont pour rayon les termes d'une progreſſion arithmétique, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. les quantités de poudre qui s'enflammeront de ſuite, ſeront donc à la fin de chaque tems, c'eſt-à-dire, comme les cubes des termes d'une progreſſion arithmétique; de ſorte que s'il s'eſt enflammé une once de poudre dans le premier inſtant, il s'en ſera enflammé 8 à la fin du ſecond; 27 à la fin du troiſiéme; 64 à la fin du quatriéme; & ainſi de ſuite. Mais ſi l'on vouloit ſçavoir ce qui s'en eſt enflammé dans chaque inſtant particulier, il faut conſidérer que les quantités de poudre qui répondent à chacun de ces tems, ſont exprimées par des orbes, & que ces orbes ſont la différence des ſpheres; que par conſéquent ils ſeront dans la même raiſon que la différence des cubes des rayons des mêmes ſpheres. D'où il s'enſuit que s'il s'enflamme une once de poudre dans le premier inſtant, il s'en enflammera 7 dans le ſecond; 19 dans le troiſiéme; 37 dans le quatriéme; & ainſi de ſuite, ſelon la différence des cubes 8, 27, 64, 125, &c.

Je viens de ſuppoſer que les orbes ayant tous la même épaiſſeur, devoient s'enflammer en tems égaux; mais cette

conſéquence n'eſt point juſte, car la poudre qui s'eſt enflammée dans le premier inſtant, n'étant point anéantie lorſque celle qui s'allume dans le ſecond agit pour allumer celle qui compoſe le troiſiéme orbe, il arrive que celle qui eſt allumée dans le premier inſtant, s'unit à l'action de celle qui s'eſt enflammée dans le ſecond, & fait qu'il s'en enflamme dans le troiſiéme inſtant beaucoup plus que cet orbe n'en contient; c'eſt-à-dire, qu'avant que le ſecond inſtant ſoit écoulé, l'action de la poudre qui s'eſt enflammée depuis le commencement, a déja anticipé ſur le troiſiéme orbe. De même avant la fin du troiſiéme inſtant, une grande partie de la poudre du quatriéme orbe eſt déja enflammée: ainſi des autres ſuivans, qui s'enflammeront avec beaucoup plus de vîteſſe que nous ne l'avons ſuppoſé: par conſéquent les quantités de poudre qui s'enflammeront dans chaque inſtant, ſeront bien plus conſidérables que la différence des tems écoulés, puiſqu'elles ſeroient dans la raiſon compoſée de la différence des cubes des tems, & de la quantité de poudre qui ſe ſeroit enflammée depuis le premier inſtant, ſi l'action de celle qui s'eſt allumée la premiere ſubſiſtoit toujours; de

ſorte qu'on peut dire que les quantités de poudre enflammées dans chaque tems, ſont au moins dans la raiſon des quarrés des quatriémes puiſſances, & peut-être même des cinquiémes & ſixiémes des tems écoulés depuis le commencement de l'inflammation; ce qui eſt difficile à déterminer exactement. Or, puiſqu'on ne peut diſconvenir que les quantités de poudre qui s'enflamment à la fin d'un certain nombre d'inſtans, ne ſoient plus grandes que celles qui ſeroient exprimées par le rapport des cubes des mêmes tems; on peut donc, ſans crainte d'exagérer, ſuivre cette régle comme indubitable, étant fort commode pour fixer l'imagination.

Suppoſant préſentement qu'on ait fait une épreuve par laquelle on ait reconnu que 20 livres de poudre ayent mis deux ſecondes à s'enflammer totalement, étant ramaſſées dans un tas ſelon la ſuppoſition précédente; ſi l'on veut ſçavoir combien il s'en enflammera en cinq ſecondes, il faut dire, comme le cube de deux ſecondes qui eſt 8, eſt à 20 livres de poudre, ainſi le cube de 5 qui eſt 125, eſt à la quantité de poudre qui doit s'enflammer en cinq ſecondes, que l'on trouvera de 312 liv. $\frac{1}{2}$, mais

qui ſera bien plus conſidérable ; puiſqu'il eſt conſtant qu'il s'en enflammera davantage dans le même tems. De même ſi l'on demandoit en combien de ſecondes s'enflammeront 500 livres de poudre (ſuppoſant toujours que 20 livres mettent deux ſecondes à s'enflammer) l'on dira, comme 20 eſt à 8, ainſi 500 eſt au cube du tems que l'on cherche, que l'on trouvera de 200 ; & comme la racine cube de ce nombre eſt un peu moindre que 6, on aura donc environ 600 ſecondes pour le tems que l'on demande, mais qui ſera ſûrement moindre que ne donne cette régle ; c'eſt pourquoi je ne la cite point, comme devant être ſuivie, mais comme pouvant ſervir à tirer des conſéquences fort utiles.

Qu'on ne s'étonne donc plus, ſi deux livres de poudre font beaucoup plus d'effet à proportion qu'une livre ; puiſque lorſqu'elle ſera renfermée, ſon plus grand effort doit dépendre de la plus grande quantité enflammée dans le même-tems ; car plus les reſſorts de l'air ſe débanderont en grand nombre, & plus leur action doit être violente ; & comme nous venons de voir qu'il faut bien plus de tems à proportion à une livre de poudre pour s'enflammer, qu'il n'en faut

pour deux, les forces ſeront bien plus réunies dans deux livres que dans une; puiſque moins il faudra de tems à une certaine quantité de poudre pour faire ſon effet, & moins celle qui ſe ſera enflammée la premiere, ſera affoiblie: car, comme l'action de cette premiere ne ſubſiſte que dans un tems fort petit, elle pourroit être preſqu'amortie, s'il y avoit un intervalle ſenſible entre ſon inflammation & celle qui s'allume ſur la fin.

Cependant, il eſt à remarquer que prenant le nombre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, pour exprimer les tems dans la ſuite deſquels la poudre s'enflamme; s'il s'en étoit allumé, par exemple, une livre dans le premier inſtant, & que ſon action fût preſqu'amortie dans le dixiéme inſtant, comme il s'en ſera enflammé beaucoup plus de 271 livres dans le dixiéme inſtant, la force acquiſe dans ce moment-là, n'eſt pas à comparer à celle du premier inſtant qui ſe ſeroit affoiblie conſidérablement; d'où il s'enſuit, que plus il y a de poudre à enflammer, & plus les forces acquiſes ſont grandes, à proportion de celles qui ſe perdent pour avoir été produites les premieres. Il ne faut pourtant pas penſer

que la poudre qui s'eſt enflammée la premiere, ne contribue pas à l'effet total; puiſque quand elle ſeroit entiérement éteinte, elle n'en auroit pas moins raréfié l'air avec lequel elle eſt renfermée, qui ne fait qu'acquérir de nouvelles forces depuis le commencement juſqu'à la fin de l'inflammation: & l'on voit même que les forces acquiſes dans chaque inſtant, ou ſi l'on veut le degré de raréfaction, ſont plus que dans la raiſon des cubes des tems qui ſont écoulés: mais ceci ne doit s'entendre, comme nous l'avons dit au commencement, qu'autant que la capacité de la chambre où la poudre eſt renfermée, n'augmente point; car dès que l'air peut ſe dilater, cette dilatation eſt d'autant de diminué ſur la force de ſon reſſort, qui agiroit avec toute la violence dont il eſt capable, ſi les corps environnans ne cédoient que dans le dernier inſtant de l'inflammation totale. Mais, comme il n'eſt guéres poſſible que cela arrive, ceci fait bien ſentir le défaut des armes à feu qui ſont trop courtes, ſur-tout du canon: car, comme, ſuivant notre principe, la poudre qui s'enflamme dans les derniers inſtans, eſt en bien plus grande quantité que celle qui agit au commencement,

ment, l'on voit qu'il s'en faut bien qu'un boulet ni une balle ne reçoive toute l'impulsion de la poudre, & ce seroit même beaucoup s'ils en recevoient la moitié. Il est vrai qu'on peut diminuer la longueur des fusils & des pistolets, en leur donnant la même propriété qu'aux carabines, c'est-à-dire, en faisant ensorte que la balle trouvant beaucoup de résistance à sortir à cause des cannelures, reçoive autant d'impulsion que si elle avoit parcouru un canon plus long, mais qui ne fut pas cannelé. Quant aux piéces d'artillerie, on peut y faire des chambres sphériques, où la poudre étant plus ramassée, s'enflamme en bien moins de tems qu'elle ne fait dans les chambres cylindriques. Mais ce moyen ne peut guéres avoir lieu que pour les mortiers, car pour le canon, les chambres sphériques seroient sujettes à des inconvéniens, qui feront que, selon toute apparence, on s'en tiendra à l'ancien usage qui a bien son mérite, dans la proportion que l'on donnoit autrefois à la longueur des piéces, qui semble avoir été déterminée suivant des régles de géométrie; & l'on auroit quelque sujet de douter, si dans le changement qu'on

y a fait dans ces derniers tems, on a ſuivi un meilleur parti.

En parlant du canon, il faut convenir qu'on a eu des idées bien extraordinaires ſur la figure que devoit avoir la chambre pour produire un plus grand effet : y a-t-il rien, par exemple, de plus mal imaginé que celles qu'on appelle côniques, parce qu'elles vont en ſe retréciſſant vers la culaſſe comme un cône tronqué ? Si on a cru par-là augmenter la portée, on s'eſt bien trompé; car par tout ce que nous avons dit juſqu'ici, une même quantité de poudre ne peut faire beaucoup d'effet, qu'autant qu'elle mettra de tems à s'enflammer; & pour cela, il faut autant qu'il eſt poſſible, introduire le feu au centre de la charge, afin qu'il ſe communique à la ronde, pour enflammer la poudre de toutes parts en même-tems; ce qui ne peut arriver dans la chambre cônique, comme on le va voir.

Si l'on a un cylindre & un cône, ou, ſi l'on aime mieux un cône tronqué compoſé d'une égale quantité de poudre, & dont les baſes ſont auſſi égales, mettant le feu d'une part au ſommet du cône, & de l'autre au centre

du cercle ſupérieur du cylindre, le cylindre ſera bien plutôt brûlé que le cône, parce qu'il y aura moins de grains de poudre qui commenceront à s'enflammer dans le cône, que dans le cylindre, & que d'ailleurs le chemin du feu ſera plus grand pour parvenir à la baſe du cône, qu'à celle du cylindre; ainſi dans la chambre cônique, quoique la lumiere ne ſoit point tout-à-fait à l'extrémité du cône tronqué vers la culaſſe, il n'y a pas de doute que la poudre ne mette plus de tems à s'enflammer, que la même quantité ne feroit dans une chambre cylindrique, par conſéquent l'effet n'en ſoit beaucoup moindre; puiſqu'il doit arriver à l'égard de ces deux chambres différentes, ce que nous venons de remarquer dans le cône & dans le cylindre.

Je pourrois rapporter bien d'autres cas où l'on s'eſt trompé en croyant mieux faire, faute de s'être mis en peine de ſçavoir comment la poudre s'enflammoit; car il ne faut pas penſer qu'on puiſſe jamais raiſonner juſte ſur les effets qu'elle produit dans les armes à feu, ni l'art de jetter les bombes, qu'on n'en ait quelque connoiſſance. En effet, depuis que je m'y ſuis appliqué, j'ai apperçu

la raiſon de quantité de choſes, que j'avois peine à comprendre auparavant. En calculant en 1725, la Table qui fait le principal objet de ce Livre, je fis des épreuves pendant pluſieurs jours, qui réuſſirent aſſez bien dans de certains tems, les bombes allant tomber à peu près à la diſtance où je voulois qu'elles allaſſent : mais ce qui me ſurprit fort, ce fut de voir que les bombes que je tirois ſur le ſoir après le ſoleil couché, alloient beaucoup au-delà de la diſtance où elles devoient tomber : les Bombardiers dirent que cela venoit de ce que le mortier étant plus échauffé à cauſe qu'on avoit beaucoup tiré, la poudre en avoit plus de force ; dans d'autres tems où le ciel étoit chargé de vapeurs, les amplitudes devenoient encore plus grandes ; quelques jours après, s'il avoit fait un ſoleil ardent, elles devenoient plus courtes, & quelquefois approchoient davantage des premieres portées : ſi je tirois le matin dans le tems de la fraîcheur, les bombes alloient plus loin que dans tout le reſte de la journée. J'ai conſideré depuis que les efforts de la poudre devant ſuivre les diſpoſitions où ſe trouvoit l'air le ſoir & le matin, il devoit être plus condenſé que pendant le

jour, & encore plus quand il étoit chargé de vapeurs; qu'ayant acquis par-là une plus grande force de reſſort, la poudre devoit chaſſer plus loin, & qu'au contraire quand il avoit été fort dilaté par la chaleur, ſa force élaſtique étoit moindre. Je ne ſuis plus étonné préſentement, ſi, quand on éprouve des poudres d'une même fabrique pour les envoyer dans les magaſins du Roi, celles d'un même tonneau chaſſent le globe dont on ſe ſert, plus loin une fois que l'autre; puiſque l'air peut changer conſidérablement du jour au lendemain, & même du matin au ſoir. Il faudroit donc, pour s'aſſurer ſi ces différentes portées viennent naturellement de la poudre, prendre garde ſi le barométre ou le thermométre n'ont point changé de degré.

Il ſemblera peut-être que ce n'eſt point aſſez d'avoir connu l'origine des différens accidens qui arrivent à la poudre, & que le tout eſt d'y apporter des corrections: c'eſt auſſi l'objet que je me propoſe; & cela ne me paroît pas impoſſible. C'eſt déja un grand point de connoître de quelle part viennent ces difficultés, le travail & le tems donnent enſuite le moyen de les ſurmonter: mais pour cela il faut raiſonner, ſans quoi les choſes

les plus ſimples ſont auſſi éloignées de nos connoiſſances, la derniere fois qu'on les conſidere que la premiere, & on les voit toujours par la même face.

Comme il doit ſans doute arriver les mêmes effets dans le canon, que dans le mortier, il ſemble que c'eſt à tort que l'on croit que plus une piéce de canon eſt échauffée par le grand nombre de coups que l'on tire de ſuite, & plus les boulets doivent aller loin; puiſque, comme j'en ai fait l'expérience, le premier coup au contraire va le plus loin de tous ceux que l'on tire enſuite; car, quand un canon a été quelque tems ſans tirer, l'air, qui eſt contenu dans l'ame, eſt à peu près comme celui que nous reſpirons; il doit être même un peu plus condenſé, parce qu'il n'eſt pas ſi dilaté que celui qui reçoit les impreſſions du ſoleil: ainſi, quand on charge la piéce dans cet état, le boulet va à une certaine diſtance; mais quand on tire, le feu n'eſt pas plutôt à la poudre, que l'air qui eſt entre la culaſſe & le boulet, ſe raréfie, & chaſſe la bourre & le boulet qui pouſſent devant eux l'air naturel qui eſt depuis le ſecond bouchon juſqu'à la bouche; & auſſi-tôt que le boulet eſt ſorti, l'air qui a été chaſſé, rentre dans

la piéce par la bouche & la lumiere, mais non pas en ſi grande quantité qu'auparavant; car celui qui eſt reſté dans la piéce immédiatement après le coup, a été extrêmement dilaté, & ſe maintiendra d'autant plus long-tems en cet état, que la piéce ſera plus échauffée par un plus grand nombre de coups réitérés. Or, cet air dilaté fait effort contre celui qui veut rentrer; ainſi quand on tire incontinent après un autre coup, il arrive que l'air qui eſt mêlé avec la poudre dans la chambre, n'eſt pas à beaucoup près ſi condenſé qu'auparavant, & a donc par conſéquent moins de force élaſtique, & en aura toujours d'autant moins que le métal ſera plus échauffé. Cependant, il eſt à remarquer que ſi l'on tiroit avec de la poudre qui eut contracté un peu d'humidité, les coups qui ſeroient tirés immédiatement après le premier, pourroient donner à peu près les mêmes portées, ſur-tout ſi la piéce eſt chargée pendant quelques minutes, parce qu'elle pourra ſe ſécher par la chaleur du métal, s'enflammer plus promptement, & regagner par ſa viteſſe ce que le reſſort de l'air auroit perdu; mais cela ne pourroit avoir lieu que pour les premiers coups, puiſque ſur la fin, comme je l'ai

déja dit, la piéce venant à s'échauffer beaucoup, les portées ſeroient plus courtes. L'on m'a objecté que dans les ſiéges où le canon tiroit conſécutivement, on étoit obligé de diminuer la charge, à cauſe que la piéce s'échauffant de plus en plus, la poudre regagnoit ce qu'elle avoit de moins par l'action de la chaleur: mais je ne crois pas que dans de pareilles occaſions, on y ait pris garde de ſi près, pour voir ſi le boulet étoit chaſſé avec plus de violence, à meſure que la piéce étoit plus échauffée: je crois plutôt qu'on eſt obligé de diminuer la poudre pour ménager le métal, qui ſouffriroit beaucoup, ſi on chargeoit toujours de même; & c'eſt pour cela que de tout tems on laiſſe repoſer les piéces pour les rafraîchir.

Par toutes ces raiſons l'on voit que la poudre qui eſt renfermée dans la chambre d'une mine, lorſqu'elle n'y reſte pas aſſez long-tems pour y contracter de l'humidité, doit faire beaucoup plus d'effet que ſi elle étoit dans un autre endroit où elle auroit les mêmes obſtacles à ſurmonter, mais dont l'air ne ſeroit pas ſi condenſé qu'il l'eſt dans les lieux bas; par conſéquent plus la mine aura de ligne de moindre réſiſtance, & plus l'effet

de la poudre ſera violent : & c'eſt auſſi ce qui fait que les feux ſouterreins font des efforts ſi prodigieux, & de ſi grands bruits, l'air y étant beaucoup plus condenſé que ſur la ſurface de la terre. Mais il y a bien autre choſe à dire ſur la théorie des mines, qu'on ne peut expliquer que par celle de la poudre.

Après avoir écrit cette *Théorie de la Poudre*, j'ai cru que, pour mon inſtruction, je devois la communiquer aux plus habiles gens, pour ſçavoir quel en ſeroit le jugement : j'en ai répandu un nombre de copies en France, & dans les pays Etrangers, principalement aux Académies Royales d'Angleterre & de Pruſſe, qui m'ont témoigné en avoir été ſatisfaites ; celle de Pruſſe l'a même jugée digne d'une traduction Latine, qu'elle a fait imprimer dans le Recueil de ſes Mémoires. Cependant beaucoup de perſonnes m'ayant fait entendre qu'elles n'étoient pas perſuadées que les premiers coups des piéces d'artillerie portoient plus loin que ceux que l'on tiroit enſuite, quand le métal étoit plus échauffé ; j'ai voulu m'en convaincre par de nouvelles expériences, dont voici le détail, afin de ſatisfaire ceux qui, en liſant ce Mémoire, pourroient avoir les mêmes doutes.

Pour inſinuer de quelle maniere ces expériences ont été faites, on ſçaura qu'il y a une Ordonnance de Sa Majeſté, par laquelle Elle veut que les poudres qui ſe fabriquent dans le Royaume, ne ſoient eſtimées bonnes pour ſon ſervice, qu'après que trois onces (qui eſt la charge d'une éprouvette toujours pointée à 45 degrés, & de 8 pouces de diamétre, dont la chambre eſt cylindrique) auront chaſſé un globe de métal peſant 60 liv. à 60 toiſes de diſtance : on la reçoit pourtant quand le globe ne va pas au-deſſous de 55 toiſes.

Pour faire ces épreuves avec toute la préciſion poſſible, on peſe exactement un nombre de charges de trois onces de poudre, que l'on renferme chacune ſéparément dans de petits barils faits exprès ; on l'introduit dans l'éprouvette avec un entonnoir, de maniere que la chambre ſe trouve toujours pleine de poudre, & voilà comme les expériences dont je vais parler, ont été exécutées avec beaucoup de ſoin & d'attention, pour que les choſes ſe fiſſent toujours de même une fois que l'autre.

Le 4 du mois d'Août 1729, à 5 heures du matin, je me rendis ſur les lieux avec M. le Chevalier *d'Abouville*, Com-

mandant de cette Ecole, & plusieurs autres Officiers d'artillerie : la nuit avoit été fort fraîche, & il faisoit alors un brouillard épais ; on chargea une éprouvette qui chassa son globe à 72 toises ; tout le monde fut fort surpris de le voir aller si loin, n'allant ordinairement qu'à 60 toises au plus : mais j'assurai qu'il n'en seroit pas de même, quand on auroit tiré encore quelques coups ; en effet la seconde éprouvette ne chassa le globe qu'à 68 toises, la 3e à 66, la 4e à 65, la 5e & la 6e à peu près de même, la 7e à 64, la 8e à 63 toises, 4 pieds, la 9e à 62 toises, 5 pieds, la 10e à 61, la 11e de même, la 12e à 60, la 13e à 59, la 14e à 57, & cinq ou six autres, que l'on fit ensuite, allerent toujours à peu près à 58 toises. J'ajouterai qu'à mesure que les portées diminuoient, le soleil échauffoit l'air, & le brouillard se dissipoit ; les derniers coups ayant été tirés vers les 10 à 11 heures.

Comme la poudre cause toujours une crasse humide, chaque fois que l'on tiroit, on avoit grand soin de bien nettoyer l'éprouvette : cependant plusieurs personnes dirent que si les premiers coups alloient plus loin que les autres, cela provenoit peut-être de ce que la cham-

bre n'étoit pas ſi bien nettoyée, qu'il n'y reſtât encore beaucoup d'humidité, qui pouvant ſe communiquer à la poudre, lui ôtoit une partie de ſa force. Pour les ſatisfaire, on fit allumer du charbon que l'on mit dans l'éprouvette pour la ſécher, après cela on la chargea tout de nouveau, pour voir ce qui en arriveroit; car, ſelon l'opinion commune, le globe devoit aller plus loin que jamais, le métal étant ſi chaud, qu'à peine on pouvoit le toucher; cependant il ne fut chaſſé qu'à 56 toiſes.

Le même jour à deux heures après midi, le thermométre étant monté de 8 degrés depuis 5 heures du matin, je tirai tout de nouveau pendant la grande ardeur du ſoleil: le premier coup, au lieu d'aller à 72 toiſes, ne fut qu'à 61, & les autres ſuivans diminuerent juſqu'à 55, à cauſe de la dilatation de l'air. Les jours ſuivans, je répétai ces épreuves aux mêmes heures, & il eſt arrivé les mêmes choſes: ayant tiré auſſi la nuit vers les 11 heures, les portées furent beaucoup au-deſſus de celles de l'après midi, mais pas ſi grandes que les premieres du matin. Pour être parfaitement convaincu que la dilatation de l'air diminue conſidérablement le reſſort de la poudre,

j'ajouterai que, ſi on en brûle au ſoleil, au foyer d'un verre paraboliqu:, on verra qu'elle ne s'enflamme qu'avec peine, & preſque ſans détonnation.

Pour dire un mot de la cauſe de l'humidité & de la liqueur noire, que l'on remarque dans les armes à feu, après qu'elles ont tiré pluſieurs coups de ſuite, on ſçaura qu'elle n'eſt autre choſe que le ſel du ſalpêtre qui s'eſt fondu par l'action du feu, du ſoufre & du charbon: & c'eſt même en cherchant d'où pouvoit provenir cette liqueur, que je me ſuis apperçu la premiere fois que le ſalpêtre n'étoit point combuſtible, mais qu'il lui arrivoit ſeulement de ſe réduire en eau, lorſqu'on l'expoſoit à la flamme d'un grand feu.

NOUVELLE
THÉORIE
DU JET
DES BOMBES.

PAR M. BELIDOR.

LE célébre *Galilée* n'eut pas plutôt découvert ſon ſyſtême de l'accélération de la chûte des corps, dont preſque toutes les ſciences ont tiré de ſi grands avantages, qu'il en appliqua les principes à l'artillerie; car il eſt le premier qui ait démontré que le boulet d'une piéce de canon pointée parallèlement à l'horiſon, décrivoit une demi-parabole, & que pointée de bas en haut, il décrivoit une parabole entiere. Il a fait voir auſſi que les amplitudes des paraboles décrites ſous différens angles, étoient dans la raiſon des ſinus des angles doubles que la piéce formeroit avec l'horiſon ou avec la verticale.

Comme *Galilée* n'avoit examiné que les projections terminées sur des plans qui seroient de niveau à la batterie, *Toricelli* son disciple a été plus loin, & a déterminé où les boulets devoient aller aboutir, lorsqu'ils viendroient tomber sur des endroits situés au-dessous ou au-dessus du plan de la batterie, mais non pas sous quel angle il falloit pointer pour y arriver. Il est vrai que de son tems cette recherche n'étoit pas aussi intéressante qu'elle l'est devenue depuis, les bombes n'étant point alors fort en usage.

On prétend que les premieres furent jettées en 1588, dans la Ville de *Wachtendoncht* en Gueldre, assiégée par le Comte *Mansfeld*, qui servoit sous *Alexandre Farnese*; & c'est seulement au premier siége de *la Mothe* en 1634, que les François s'en sont servis. *Louis XIII* en donna la conduite à *Malthus*, qu'il avoit fait venir exprès de Hollande, qui en jetta encore avec succès dans plusieurs autres places qui furent assiégées sous ce régne; elles sont devenues ensuite si communes sous celui de *Louis le Grand*, qu'elles n'ont pas peu avancé ses conquêtes.

Comme tous les Sujets du Royaume s'occupoient à l'envie à contribuer à la

gloire de ce Monarque, l'Académie Royale des Sciences voulut auſſi donner des marques de ſon zéle, & s'appliqua à perfectionner l'art de jetter les bombes; & M. *Blondel*, un de ſes membres, en donna un Livre en 1683, qui comprend les découvertes que les plus grands Géométres d'alors ont ajoutées à celles de *Galilée* & de *Toricelli*. Le peu d'uſage qu'on en a fait, n'a guéres répondu à ce qu'ils devoient en eſpérer; mais comme les principes en ſont inconteſtables, il ne paroît pas qu'on doive s'en prendre à ces illuſtres Auteurs, puiſqu'ils n'ont rien laiſſé à déſirer ſur ce ſujet; il y a plutôt apparence qu'ils ont eu le malheur de n'être pas entendus de ceux pour qui ils avoient principalement travaillé, & c'eſt aſſez le ſort des ouvrages abſtraits; car les choſes n'étant goûtées du commun des hommes, qu'autant qu'elles ſont aiſées à comprendre, pour peu qu'elles demandent des connoiſſances préliminaires, on les abandonne, & on aime mieux croire qu'on peut s'en paſſer: ſouvent même l'on décide ſur ce que l'on n'entend pas; & c'eſt preſque toujours ceux qui ſont dans ce cas-là, qui veulent y mettre le prix.

Le ſujet dont je parle, a été plus expoſé

poſé qu'un autre à la cenſure, parce que l'on s'eſt imaginé que la ſeule pratique ſuffiſoit; & on auroit cru trop payer l'avantage d'en parler ſçavamment, s'il avoit fallu apprendre la géométrie & la phyſique, ſur-tout dans un tems où les troubles de la guerre n'en donnoient pas le loiſir; & quand bien même il s'en ſeroit trouvé qui euſſent ſçu l'art de jetter les bombes, ce n'eſt point à un ſiége dans une batterie, qu'on eſt en ſituation de faire les calculs que la théorie demande.

Il y a long-tems que ces difficultés m'ont fait appercevoir, qu'il n'y avoit guéres d'apparence que les Bombardiers fiſſent jamais un grand uſage des régles; cependant depuis l'établiſſement des Ecoles, tous ceux qui en ſont inſtruits conviennent qu'elles ſont les ſeules pour tirer juſte. Inutilement fera-t-on des remarques ſur des épreuves à différentes charges & à différens degrés d'élévation, avec toutes ſortes de mortiers; l'expérience montre aſſez qu'on n'en peut tirer une grande utilité, puiſqu'auſſi-tôt qu'on vient à changer de mortier & de poudre, on a des portées toutes différentes de celles qu'on s'étoit propoſé, parce qu'il eſt moralement impoſſible

que les choſes puiſſent ſe rencontrer les mêmes en tout.

N'y ayant donc que les mathématiques qui fourniſſent une méthode exacte, j'ai ſongé aux moyens de faire une Table qui renfermât ce que la théorie peut donner de plus certain, & dont l'uſage fût ſi aiſé, que les moindres Bombardiers puſſent s'en ſervir ſans être prévenus d'aucun principe. Si la pratique ne répond pas quelquefois à toute la préciſion qu'on peut attendre de ces Tables, ce n'eſt qu'aux accidens qui ſurviennent qu'on doit en attribuer la cauſe; mais ces accidens ſont communs dans l'uſage ordinaire des Bombardiers, comme dans celui que l'on propoſe ici; avec cette différence, qu'ils ne viennent à leurs fins qu'à force de tâtonner, & en tirant une quantité de bombes inutiles, avant que de parvenir au degré & à la charge qu'ils cherchent, au lieu que nous trouvons tout d'un coup l'un & l'autre pour toutes les diſtances imaginables où l'on veut envoyer une bombe, comme on le va voir.

Etant prévenu que ſi l'on tire pluſieurs bombes ſous différens degrés d'élévation, en ſe ſervant toujours de la même charge, *les amplitudes des paraboles ſe-*

ront dans la raiſon des ſinus des angles doubles de ceux où le mortier aura été pointé;* on ſera attention que *le ſinus total* étant le plus grand de tous les ſinus, il ſera par conſéquent celui du plus grand angle double, ſous lequel une bombe puiſſe être jettée; ainſi la plus grande portée ſera donc ſous 45 degrés, mais le ſinus de 30 degrés étant la moitié de celui de 90, les portées ſous 15 & 45 degrés ſeront donc comme les ſinus de 50000 & de 100000; d'où il s'enſuit, que la portée ſous 45 degrés eſt double de celle de 15, c'eſt-à-dire, que ſi une bombe a été jettée à 100 toiſes de diſtance (le mortier pointé à 15 degrés) ſi on en jette une autre égale & ſemblable, avec la même charge & le même mortier pointé à 45 degrés, cette bombe ira tomber à 200 toiſes; & c'eſt à quoi il faut bien faire attention, pour avoir l'intelligence de la Table dont il s'agit, car je ne ſçache pas que perſonne ait encore fait cette remarque.

Comme il falloit un point fixe pour y aſſujettir tous les termes de la Table,

* *C'eſt ſur ce principe que la Table a été calculée. Voyez le Cours de Mathématique de l'Auteur, Art. 746 & 748, où cela ſe trouve démontré, de même que tout ce qui peut appartenir à la Théorie du jet des Bombes.*

on a ſuppoſé que le coup d'épreuve néceſſaire pour trouver le degré qu'on demande, afin d'aller à une diſtance donnée, ſe feroit ſous l'angle de 15 degrés; & la portée de ce coup d'épreuve pouvant être grande ou petite, ſelon la figure de la chambre du mortier; & la quantité de poudre qu'on y mettra; on a rapporté toutes les diſtances poſſibles à 15 degrés en progreſſion arithmétique, depuis 20 toiſes juſqu'à 1000, dont les termes ſe ſurpaſſent d'abord de 2 toiſes pour les petites & les moyennes portées, & enſuite de 5 pour les grandes; afin qu'ayant tiré une bombe à 15 degrés, avec telle charge qu'on jugera néceſſaire, la diſtance la plus approchante où aura été la bombe, puiſſe toujours ſe trouver au ſommet d'une des pages de la Table: cela poſé, il faut remarquer que chacune de ces portées répond à une colonne compoſée de toiſes, de degrés & minutes, pour toutes les diſtances où l'on voudroit tirer par rapport au coup d'épreuve.

Par exemple, ſi l'on vouloit tirer un mortier à deux livres de poudre, pour chaſſer une bombe à 250 toiſes, il faudroit commencer par en tirer une à 15 degrés, & chercher par tel moyen qu'on

voudra à quelle diſtance elle aura été; & ſuppoſant qu'on ſçache que c'eſt à 160 toiſes, pour connoître à quel degré il faut pointer pour aller à 250 toiſes, on cherchera dans la Table, au ſommet d'une des pages, le coup d'épreuve de 160, & dans la colonne de cette épreuve, au rang des toiſes, le nombre 250, qui eſt la diſtance où on ſe propoſe d'envoyer la bombe; on verra qu'elle répond à 25 degrés 41 minutes, qui eſt l'élévation qu'il faut donner au mortier: de même ſi on vouloit en jetter à 220 toiſes ſeulement, il faudroit chercher le nombre 220 dans la même colonne, pour avoir 21 degrés 43 minutes, ainſi des autres.

Si le coup d'épreuve au lieu de porter la premiere bombe à 160 toiſes, l'avoit chaſſée à 200 ou 230, il faudroit chercher l'un ou l'autre de ces nombres au ſommet de la Table, pour avoir la colonne où l'on doit trouver la diſtance que l'on demande, par conſéquent les degrés qui y répondent.

Quoique j'aye dit qu'il falloit tirer le coup d'épreuve ſous l'angle de 15 degrés, l'on peut auſſi le tirer ſous celui de 45; alors comme on aura la plus grande amplitude, il faudra en prendre

la moitié, qui ſera celle qu'on auroit eû avec la même charge, ſi l'on avoit tiré le coup d'épreuve à 15 degrés.

L'on peut encore, ſi l'on veut, tirer le coup d'épreuve ſous tel angle que l'on jugera à propos, & ſe ſervir également des Tables pour trouver l'élévation du mortier, afin d'aller à la diſtance que l'on voudra. Par exemple, je ſuppoſe qu'on ait tiré une bombe ſous l'angle de 25 degrés, avec une certaine charge, qu'elle ait été tomber à 120 toiſes; voulant ſe ſervir de cette amplitude pour le coup d'épreuve, il faut faire une régle de proportion en diſant, comme le ſinus de l'angle de 50 degrés, c'eſt-à-dire d'un angle double de 25, eſt à 120, ainſi le ſinus de l'angle de 30, double de 15, eſt à la portée ſous 15 degrés, qu'on trouvera de 78 toiſes; or, ſi l'on cherche au ſommet de la Table le nombre précédent, il donnera la colonne où on trouvera l'élévation du mortier, pour aller à toutes les diſtances qu'on peut propoſer.

Il y a une remarque eſſentielle ſur le coup d'épreuve fait à 15 degrés, par rapport à l'éloignement où on ſe propoſe de jetter les bombes; c'eſt que ſi on vouloit tirer avec une certaine quan-

tité de poudre à 500 toiſes, par exemple, & qu'on ſe fût apperçu que le coup d'épreuve n'eut été qu'à 200, ce ſeroit une marque que la charge n'eſt pas aſſez forte, puiſque la plus grande portée, c'eſt-à-dire, celle de 45 degrés, n'étant que double de celle de 15 degrés, la plus grande diſtance où l'on peut aller avec cette charge, ne peut jamais être que de 400 toiſes, qui eſt moindre que celle qu'on ſe propoſe : ce qui montre que les épreuves faites ſous 15 degrés, valent mieux que toute autre ſous un angle différent de celui-ci, parce que l'on y apperçoit les limites de la charge; auſſi ces limites ſont-elles marquées à la fin de chaque colonne, dont les derniers termes qui répondent à 45 degrés, ſont toujours doubles de ceux de l'épreuve.

Comme la plus grande portée du coup d'épreuve, qui répond à la derniere de toutes les colonnes eſt de 1000 toiſes, & que le dernier terme de cette colonne eſt de 2000, on voit qu'on peut trouver dans la Table toutes les portées poſſibles pour aller juſqu'à cette diſtance, qui eſt la plus grande qu'on a eſtimé ſe rencontrer jamais dans la pratique.

Toutes les diſtances auxquelles on peut

jetter des bombes, dépendant du premier coup d'épreuve fait avec le mortier dont on veut ſe ſervir, il eſt indifférent de quel calibre, ou de quelle eſpéce ſoit ce mortier; puiſque ſe ſervant toujours du même, ce qui ſera arrivé au premier coup, arrivera aux autres; & les accidens pourront être regardés comme nuls, lorſqu'ils ſeront ſemblables dans toutes les portées différentes: il n'y a que ceux qui ſurviennent à chaque inſtant, auxquels il eſt bien difficile de s'accorder; mais c'eſt à une pratique éclairée à les prévenir, & à y remédier.

La Table a encore une propriété aſſez ſinguliere, qui eſt d'indiquer la correction qu'il faut faire à l'élévation qu'on a donnée au mortier pour aller à une diſtance déterminée, lorſqu'on s'eſt apperçu que les portées ne quadroient pas avec celles qui répondent aux degrés indiqués dans la colonne du coup d'épreuve. Je m'explique: on veut chaſſer des bombes à 120 toiſes; pour cela on en aura tiré une à 15 degrés, qui aura été tomber à 74 toiſes de la batterie: on cherche dans la colonne de cette épreuve la portée de 120 toiſes, & on trouve qu'elle répond à 27 degrés 5 minutes; cependant il arrive qu'ayant pointé

le mortier ſous cet angle, la bombe au lieu d'aller à 120 toiſes, va à 130; on en tire une ſeconde, une troiſiéme, &c. qui vont toujours environ à 10 toiſes trop loin: pour corriger ce défaut, qui viendra apparamment de ce que la diſtance du coup d'épreuve n'a pas été bien eſtimée, on n'a qu'à remonter au-deſſus du nombre 120, tant qu'on en rencontre un autre de 10 toiſes de moins, & prendre le degré qui y répond: or pour aller à 120 toiſes, ſi au lieu de tirer ſous l'angle de 27 degrés 5 minutes, l'on tire ſeulement ſous 24 degrés, on ira à peu près à la diſtance propoſée. * De même ſi les premieres portées au lieu d'être trop longues, ſe trouvoient trop courtes de 12 toiſes, il faudroit deſcendre tant qu'on ſoit arrivé à un nombre de 12 unités plus grand, & prendre le degré qui y répond. C'eſt ainſi qu'on pourra ſe régler dans les occaſions même où la théorie ne paroîtra pas s'accorder avec la pratique, & c'eſt ſans doute un grand avantage que d'avoir un moyen ſûr de corriger les portées, lorſqu'elles ne répondent point à l'objet

* Cette maniere de corriger les portées eſt bonne dans la pratique, mais on ne la donne point comme un principe inconteſtable.

qu'on a en vûe ; au lieu que ſans ce ſecours on change inutilement, tantôt l'élévation du mortier, & tantôt la charge, ſans ſçavoir à quoi s'en tenir : l'on paſſe ſouvent d'une extrémité à l'autre ; les portées de courtes qu'elles étoient, deviennent ſouvent beaucoup trop longues, & pour y remédier on les racourcit ſi fort, qu'elles nuiſent quelquefois à la tranchée, comme cela n'eſt pas ſans exemple. Il eſt vrai que dans la guerre nous avons eu d'habiles Bombardiers qu'une longue pratique avoit mis en état de jetter des bombes avec aſſez de juſteſſe ; mais ces grands ſujets ont toujours été rares, & il en reſteroit très-peu aujourd'hui, s'il ne s'en formoit d'autres dans les Ecoles. On pourroit ſeulement trouver à redire que la plûpart ne s'attachant qu'à tirer toujours au même but, ſeroient peut-être fort embarraſſés ſi on leur demandoit d'aller à une diſtance déterminée en deçà ou en delà, qui eſt pourtant en quoi conſiſte le vrai ſçavoir, au lieu qu'il n'y a pas grande adreſſe à approcher d'un but auquel l'on tire depuis nombre d'années, puiſqu'il n'y a perſonne qui n'y arrive de même à force de tâtonner : mais dans un ſiége où il faut d'un moment à l'autre, pour

ſe conformer aux ordres qui ſurviennent, tirer tantôt dans un ouvrage, & tantôt dans un autre ; c'eſt-là où il faut ſçavoir prendre ſon parti promptement, & c'eſt à quoi les Tables que je donne ſerviront beaucoup ; ſur-tout, ſi dans l'application qu'on en fera, on y joint les attentions que la pratique & l'émulation peuvent inſpirer. Cependant malgré les avantages que je viens d'expoſer, il ſuffit qu'elles ayent un air de nouveauté, pour ne pas ſe trouver du goût de tout le monde ; mais ſi l'on imagine quelqu'autre expédient pour tirer plus juſte, je ſerai charmé qu'on y ait recours, car n'ayant en vûe que le bien du ſervice du Roi, pourvû que l'on exécute les bombes avec plus de juſteſſe qu'on ne le fait ordinairement, il m'eſt indifférent de quelle maniere on s'y prenne. Sans me prévaloir de l'approbation que M. *de Valliere*, Directeur Général des Ecoles de l'Artillerie a donné à ces Tables, en les préſentant à M. *d'Angervilliers*, Miniſtre & Secrétaire d'Etat de la Guerre, qui les a jugées d'aſſez de conſéquence pour les faire imprimer par ordre du Roi, aux frais de Sa Majeſté, afin de s'en reſerver les exemplaires, &

les diſtribuer ſelon que ce Miniſtre le jugera à propos.

Je crois ne devoir point paſſer ſous ſilence une autre propriété de la Table aſſez curieuſe, qui eſt de trouver ſans meſurer à quelle diſtance aura été tomber une bombe qu'on aura jettée ſous une élévation quelconque; par exemple, je ſuppoſe que tirant à deux livres de poudre, l'on ſoit prévenu que la bombe du coup d'épreuve à 15 degrés, ait été tomber à 130 toiſes, cela poſé, on en jette une autre ſous un angle de 28 degrés 50 minutes, il faut chercher dans la colonne du coup d'épreuve de 130 toiſes au rang des degrés, l'angle le plus approchant du précédent que l'on trouvera de 28 degrés, 54 minutes, on prendra à côté la portée qui répond à cet angle, & l'on verra que la bombe a été tomber à 220 toiſes. L'on peut de la même maniére meſurer une diſtance inacceſſible par le jet des bombes; car ayant tiré un coup d'épreuve avec un charge eſtimée aſſez forte pour aller à la diſtance qu'on veut connoître, il faut tirer pluſieurs coups de ſuite pour atteindre l'objet, & après y être parvenu en tâtonnant (car je ne ſçache pas que cela ſe puiſſe faire au-

trement) chercher dans la colonne du coup d'épreuve, le degré le plus approchant de celui qu'on aura rencontré, & le nombre de toiſes qui y répondra, ſera à peu près la diſtance que l'on demande.

Sur la fin de l'année 1725, lorſque nos Tables furent achevées, tout le monde déſira en faire des épreuves. Feu *M. Tuffereau*, étoit alors Commandant de notre Ecole, homme d'un mérite rare, & dont la mémoire ſera toujours chere à ceux qui l'ont bien connu : il jugea à propos que l'on fît exprès à la campagne une batterie de mortiers ; comme ſon zéle pour le ſervice du Roi dominoit dans toutes ſes actions, & qu'il étoit de ces génies heureux qui jugent ſainement de toute choſe, il voulut ſçavoir par lui-même quel en ſeroit le ſuccès.

On commença par charger un mortier à une livre de poudre ſans terre, que l'on pointa à 15 degrés ; on jetta deux bombes qui furent à peu de choſe près à la même diſtance, enſuite on tira les mêmes bombes à 45 degrés encore avec une livre de poudre, pour voir ſi les portées ſeroient doubles des précédentes ; en effet, elles ſe ſont trouvées telles qu'on l'eſpéroit ; l'on a fait la même

vérification à deux ou trois livres de poudre, & les portées de 45 ſe ſont trouvées doubles de celle de 15.

Convaincu de la certitude du principe fondamental, ſur lequel les Tables avoient été conſtruites, M. *Tuffereau* demanda qu'on jettât des bombes à 40 toiſes de diſtance; on chercha dans les Tables le degré qui répondoit pour cette portée au coup d'épreuve de 15 degrés à une livre de poudre, & le mortier pointé ſous l'élévation marquée chaſſa la premiere bombe à 39 toiſes, & la ſeconde à 41 toiſes. Il demanda encore de jetter avec la même charge deux autres bombes à 70 toiſes, la premiere fut à 71 toiſes, & la ſeconde à 71 4 pieds.

On chargea le mortier à deux livres de poudre, toujours ſans terre, pour jetter des bombes à des diſtances plus éloignées; comme on venoit de changer la charge, on tira un nouveau coup d'épreuve, & on propoſa d'en jetter deux à 100 toiſes, la premiere fut à 102, & la ſeconde à 100 toiſes, 5 pieds: on propoſa encore de jetter deux autres bombes à 120 toiſes, la premiere ſe trouva beaucoup trop courte, parce qu'il étoit arrivé quelque dérangement au couſſinet,

mais on en tira une ſeconde au même degré que la précédente, qui fut à 118 toiſes 3 pieds, & une troiſiéme à 121 toiſes : enfin, on demanda des portées beaucoup plus grandes encore, qui allerent aſſez bien tant qu'on ne ſe ſervit point de terre.

Quelques jours après avoir fait ces premieres épreuves, on en recommença d'autres pour tirer avec de la terre ; on jetta donc des bombes de deſſein prémédité à 200, 250 & à 300 toiſes, dont les portées s'accorderent paſſablement avec les Tables, mais pas ſi juſtes que quand on tiroit avec de la poudre ſeulement ; on en jetta d'autres à 4, 5 & 600 toiſes, dont les portées ſe trouverent plus courtes de 8 à 10 toiſes qu'elles ne devoient être ; ce qui vient de la réſiſtance de l'air, qui fait que dans les grandes amplitudes, la ligne que décrit la bombe n'eſt point une parabole, ſi l'on veut prendre les choſes à la rigueur, ſa deſcenſion étant moindre que ſon aſcenſion, c'eſt-à-dire, que le chemin qu'elle fait en deſcendant eſt plus petit que celui qu'elle parcourt en montant, comme j'en ai été convaincu par nombre d'obſervations : mais on peut corriger ce défaut, comme j'ai déja dit, en

prenant dans la colonne du coup d'épreuve le degré d'élévation relatif à une portée autant au-deſſus de celle que l'on veut tirer, qu'on s'eſt apperçu avoir été au-deſſous, & c'eſt ce que j'ai fait avec quelque ſuccès, malgré la grande diſtance où je tirois alors, les portées ne différant entr'elles que de 3 ou 4 toiſes en deçà ou en delà du but, qui eſt tout ce que l'on peut déſirer dans la pratique, où l'on n'a point égard à 6 ou 7 toiſes plus ou moins.

Au commencement du mois de Mai 1731, ayant reçu de l'Imprimerie Royale un exemplaire des Tables qu'on venoit d'achever d'imprimer, les Officiers de Royal-Artillerie du bataillon de M. *de la Perrelle*, & ceux de l'Artillerie m'ont engagé à faire de nouvelles épreuves qu'ils ont ſuivies pendant pluſieurs jours avec beaucoup d'application, & nous avons tiré enſemble des bombes de deſſein prémédité avec toute ſorte de mortiers à 50, 112, 150, 200, 250 & à 300 toiſes de diſtance, qui ont fort bien réuſſi, comme on le peut voir par la relation qu'ils en ont faite eux-mêmes, & que j'ai rapportée à la fin de ce diſcours.

La concluſion de toutes ces épreuves, d'où

d'où s'enſuit celle des Tables, c'eſt que lorſqu'on chargera les mortiers avec précaution, on pourra toujours tirer des bombes depuis 20 toiſes de diſtance juſqu'à 4 & 500 toiſes avec aſſez de juſteſſe, qui eſt tout ce que l'on peut déſirer dans les ſiéges, puiſqu'il arrive rarement que les batteries ſe trouvent auſſi éloignées des ouvrages de la place : c'eſt pourquoi je voudrois, quand on n'en eſt qu'à des diſtances moyennes, qu'on ne tirât qu'avec de la poudre ſeulement, ne pouvant douter que la terre n'apporte beaucoup d'altération à l'égalité des portées, par la difficulté de l'employer toujours également. Il eſt vrai que la conſommation de poudre ſera un peu plus grande ; mais cette conſidération eſt de peu de conſéquence, quand il eſt queſtion de l'attaque d'une place, dont la reddition dépend bien ſouvent de quelques bombes jettées heureuſement ſur un édifice eſſentiel à la garniſon : d'ailleurs, ne conviendra-t-on pas, que, ſi l'on en jette une douzaine à propos, elles feront plus d'effet que cent tirées au haſard ?

S'il s'agit d'un bombardement, & qu'on ſoit beaucoup plus éloigné que je ne viens de le ſuppoſer, alors ayant toute

l'étendue d'une Ville pour objet, & qu'il ne ſera peut-être queſtion que de certains quartiers pour les ménager ou les détruire par préférence, on pourra employer de la terre pour charger les mortiers, & n'y pas prendre garde de ſi près, puiſqu'il ſera indifférent que les amplitudes ſoient de 10 ou 12 toiſes plus longues ou plus courtes; les bombes feront toujours leur effet, ſoit dans un endroit, ſoit dans l'autre.

Quand je dis que pour tirer plus juſte on ne doit point ſe ſervir de terre, j'entends qu'on peut ſe diſpenſer d'en mettre dans la chambre du mortier, ſe contentant ſeulement d'en entourer la bombe, pour empêcher que le feu de la fuſée ne communique à la poudre par quelqu'étincelle, & ne faſſe partir la bombe plutôt qu'on ne voudroit, qui eſt tout le mal qui peut en arriver: on pourroit même ſe ſervir d'étoupille attachée à la fuſée, dont les extrémités venant à aboutir au fond du mortier, prendroient feu en même-tems que la charge, & le communiqueroient à la fuſée, comme on le pratique quelquefois. On dira peut-être que ne mettant point de terre ſur la poudre, il eſt dangereux qu'en mettant la bombe dans le mortier, elle ne ren-

contre quelque gravier, qui venant à faire feu, cauſeroit quelque malheur : quoiqu'il n'y ait guére d'apparence que cela arrive, il faut toujours prendre ſes meſures, ſoit en frottant la bombe avant de la placer, ou en fermant l'entrée de la chambre par tel moyen qu'on voudra, pourvû qu'on agiſſe toujours de même, ou encore en mettant un lit de terre ſur la poudre, d'un pouce d'épaiſſeur ſans la preſſer ; car enfin, tout ce que je demande, c'eſt qu'on s'y prenne de façon à charger toujours également, au lieu que ſi on emplit la chambre de terre, qui peut ſe rencontrer plus ſéche une fois que l'autre, ou en plus ou moins grande quantité, & qu'on la refoule à tours de bras ſans aucun ménagement, il ne peut manquer d'arriver des différences conſidérables dans les portées : mais de quelque maniere qu'on s'y prenne, il faut ſur toute choſe charger le mortier, comme on l'aura fait pour le coup d'épreuve.

Pour ne rien laiſſer à déſirer, j'aurois fort ſouhaité calculer d'autres Tables pour trouver l'élévation du mortier, lorſque la batterie n'eſt pas de niveau avec les ouvrages que l'on veut ruiner ; & je l'aurois fait malgré l'étendue d'une pareille entrepriſe, & la difficulté de s'aſ-

ſujettir à la fois, à la diſtance & à la différence de la hauteur de la batterie avec celle de l'objet, s'il ne m'avoit paru que les colonnes d'une pareille Table ſeroient devenues ſi compoſées, qu'il eût été auſſi difficile d'en faire uſage, que d'en calculer les termes: j'ai donc crû devoir m'en tenir aux amplitudes horiſontales, perſuadé qu'avec un peu d'adreſſe un Bombardier jettera aiſément des bombes dans toutes ſortes de cas.

On a fait pluſieurs objections contre l'uſage de ces Tables, dont la plûpart ne méritent pas qu'on s'y arrête. La principale eſt ſur le coup d'épreuve; c'eſt une difficulté, dit-on, d'éprouver les mortiers deſtinés à un ſiége pour en ſçavoir la portée à 15 degrés. Je réponds à cela, que les Bombardiers ſont obligés de tirer un grand nombre de coups d'épreuve pour connoître leurs mortiers dès qu'ils ſont en batterie, ſans quoi il eſt impoſſible qu'ils puiſſent ſe régler; ainſi cette manœuvre nous eſt commune, & l'on ne peut diſconvenir qu'il ne ſoit plus avantageux de tirer ce coup d'épreuve comme je le fais, ſous un angle déterminé, que d'en prendre un à l'aventure; & la portée à 15 degrés étant la moitié

de celle de 45, elle ſera toujours plus courte que la diſtance où l'on veut aller. Or, tout l'inconvénient ſe réduit donc à meſurer la diſtance où aura été tomber la bombe ſous 15 degrés, mais je ne vois point que ce ſoit une choſe ſi difficile; car, jettant à l'entrée de la nuit une bombe qui ne ſera point chargée, mettant le feu à une fuſée qui puiſſe durer un certain tems, on pourra ſoit par la trigonométrie, ſoit avec une planchette ſimple, ſçavoir à quelle diſtance de la batterie elle aura été tomber, ou bien ſi l'on a un plan de la tranchée qui ſoit exact, y trouver relativement au terrein l'endroit où ſera tombé la bombe, & en connoître la diſtance avec l'échelle & le compas, puiſque ce n'eſt que par-là, que les Bombardiers peuvent ſçavoir l'éloignement où ils ſont des ouvrages dans leſquels ils doivent tirer. Je ſçais qu'il eſt rare d'avoir des plans aſſez juſtes pour y compter; le pis aller, ſi on ne les croit pas fidéles, ce n'eſt point une ſi grande affaire de lever ſoi-même la partie de l'attaque où l'on eſt. Car il ne faut pas croire non plus que l'on pourra abſolument ſe paſſer de tous les ſecours que l'art & l'induſtrie peuvent ſuggérer; & ſi le Roi a établi des Eco-

les pour l'Artillerie, ce n'a été qu'afin que l'on ſe mît en état de faire par principe, ce que l'on ne faiſoit autrefois qu'à tâtons : mais ſuppoſant qu'il y ait de la difficulté à meſurer le coup d'épreuve, lorſque les mortiers ſont en batterie, quelle néceſſité y a-t-il d'attendre qu'on en ſoit là ? Ne ſe trouve-t-il pas aſſez d'endroits commodes aux environs d'une place aſſiégée, pour faire ces ſortes d'épreuves avec toute l'attention qu'elles demandent ? Et dès qu'on ſçaura la portée de chaque mortier à 15 degrés, pour deux ou trois charges différentes ; en voilà aſſez pour tirer à toutes les diſtances que l'on voudra. On peut même faire ces épreuves dans les places d'où l'on aura tiré les mortiers, & avoir un état de la portée de chacun ſelon leurs calibres & leurs chambres, pour une demi-livre de poudre, une livre, une livre & demie, deux livres, &c. & s'en ſervir pour trouver dans l'occaſion, la colonne où il faudra prendre le degré d'élévation que l'on voudra donner au mortier.

Les choſes qui ſont de pure théorie, étant ſujettes à être contredites par la plûpart de ceux qui ne s'attachent qu'à la pratique, j'ai cru que le témoignage

de la pratique même, donneroit plus d'autorité à l'utilité de mes Tables, que les raiſonnemens les plus forts; c'eſt pourquoi je joins ici le jugement qu'en ont porté les Officiers de Canonniers, de Bombardiers & de l'Artillerie, qui ſont actuellement aux Ecoles de *la Fere.*

NOUS CAPITAINES AU RÉGIMENT ROYAL-ARTILLERIE, Bataillon de la Perrelle, *certifions avoir ſuivi & examiné avec attention les épreuves qui ont été faites par M.* Belidor, *à l'Ecole de* la Fere, *pour vérifier ſi par le moyen des Tables qu'il a calculées pour le jet des bombes, il étoit poſſible d'en jetter avec juſteſſe à telle diſtance que l'on voudroit; dans leſquelles épreuves nous avons vû ce qui ſuit.*

Le 26 Avril 1731, M. Belidor *s'eſt ſervi d'un mortier de 12 pouces à chambre poire qu'il a chargé d'une livre de poudre; ayant pointé le mortier à 15 degrés, il a tiré pluſieurs coups d'épreuve dont la portée moyenne a été de 30 toiſes. Nous lui avons propoſé d'aller à 50. M.* Belidor, *qui avoit porté ſes Tables à la batterie, nous expliqua la maniere de s'en ſervir : ſuivant ce qu'il nous dit, nous y cherchâmes l'angle ſous*

lequel il falloit tirer pour arriver à cette portée (ce que nous avons toujours fait dans toutes les épreuves ſuivantes) & nous vîmes que l'on devoit pointer à 28 degrés 13 minutes, on tira deux bombes qui furent de quelques toiſes trop loin. M. Belidor *ayant fait voir comment il falloit corriger par les Tables mêmes les premiers coups que l'on tiroit après l'épreuve, lorſque les portées ne répondoient point à ce qu'on s'étoit propoſé, nous pointâmes à 26 degrés 13 minutes, & ayant tiré quatre coups ſous le même angle, ils furent à 51, 48, 50 & 48 toiſes 3 pieds. L'uſage de cette Table eſt ſi ſimple, & la façon de corriger les premiers coups ſi facile à trouver, que nous eſtimons le tout être à la portée du Soldat Bombardier.*

Le 5 Mai, il a pris un autre mortier poire, auſſi de 12 pouces de diamétre, chargé à une livre & demie de poudre; après avoir fait les coups d'épreuve pour cette charge, & trouvé que la portée moyenne étoit de 64 toiſes, nous nous ſommes propoſés de jetter une bombe à 112 toiſes; le mortier pointé à 30 degrés 30 minutes, ne l'a portée qu'à 104 toiſes, & l'ayant corrigé & mis à 33 degrés, on a tiré ſix coups ſous le même

angle. Ils ont porté à 115, 112, 112, 115, 115 & 113 toiſes 4 pieds.

Le 7, lui ayant propoſé de changer encore de mortier, pour vérifier ſi en effet, l'uſage de la Table étoit général pour tous les mortiers, il s'eſt ſervi d'un à chambre cône, chargé à deux livres de poudre, le coup d'épreuve fut à 117 toiſes, & nous étant propoſé de tirer à 150, & pointé à 20 degrés, 8 minutes, on tira pluſieurs coups dont les portées furent toutes trop longues.

Ayant cherché de quelle part cela pouvoit provenir, on s'eſt apperçû que le mortier ſous l'angle de 20 degrés 8 minutes, n'avoit pas un point d'appui ſolide, & ſe mettoit de lui-même ſous un angle plus ouvert, à cauſe que le couſſinet ne pouvoit pas s'encaſtrer juſte dans l'affût; mais ayant pris une autre couſſinet, & pointé le mortier comme ci-devant, à 20 degrés 8 minutes, on a tiré quatre coups qui ont porté à 150, 151, 148 & 153 toiſes.

Le 9 au matin, à l'Ecole du canon, on pointa tous les mortiers ſelon les Tables pour tirer au but, qui étoit alors à 125 toiſes de la batterie. Tous les coups en général furent fort bons; & M. Belidor, *qui s'étoit chargé de faire ſervir*

un mortier, tira cinq coups dont les portées furent à 125, 128, 125, 125 & 123 toiſes 2 pieds.

L'après midi du même jour, on a continué ſur le coup d'épreuve du 7, on a tiré encore trois coups qui ont été à 152, 150 & 154 toiſes. Nous nous ſommes propoſé enſuite, d'aller à 200 toiſes, & ayant pointé à 20 degrés, la bombe fut de quelques toiſes trop longue, & l'ayant corrigé & pointé à 28 degrés, 30 minutes, on a tiré trois coups qui ont été à 202, 201 & 197 toiſes.

Le 10, ayant chargé à deux livres & demie de poudre, & le coup d'épreuve ayant été à 164 toiſes, nous nous ſommes propoſé d'aller à 250 toiſes : le mortier pointé ſous l'angle de 25 degrés, a jetté la bombe à 255, 250, 253 & 247 toiſes.

Enfin, le même jour nous étant propoſé de tirer à 300 toiſes avec la même charge, & ayant pointé le mortier à 23 degrés 30 minutes, ſuivant l'élévation indiquée dans les Tables, on jetta trois bombes, dont la premiere fut poſitivement à 300 toiſes ; la ſeconde à 296 & la troiſiéme à 295 toiſes 4 pieds.

Comme cette diſtance de 300 toiſes, nous a paru ſuffiſante pour nous faire

juger de la juſteſſe des autres plus éloignées, nous eſtimons qu'avec les Tables de M. Belidor, *on peut tirer mieux qu'on n'a fait encore; puiſque nous ne doutons pas, que ſi l'on avoit prévenu les accidens qui ſont ſurvenus dans ces épreuves, principalement de la part des couſſinets qui étoient mal logés ſur les crapauds ou affûts de fer, toutes les portées n'euſſent été au but avec la préciſion qu'on pouvoit déſirer, & qu'ainſi ces Tables pourront être très-utiles pour le ſervice du Roi, en foi de quoi nous avons ſigné à* la Fere, *le 22 Mai 1731.* Labory, Doſtalis, Savigny, Lucas, Lauſſedat, Lertere, Fontanges, Molleres, Dupré, Barras, la Berteche, Bernard, Baux, Chauſenejoux de Mezels, le Chevalier de la Luſtiere.

NOUS COMMANDANS DE L'*ARTILLERIE* DE L'*ECOLE* DE LA FERE, *certifions avoir examiné les Tables que M.* Belidor *a calculées, pour jetter des bombes à telle diſtance que l'on voudroit; & pour juger de l'application qu'on en pouvoit faire à la pratique, nous lui avons demandé de faire des épreuves en notre préſence avec différens mortiers, & c'eſt ce qu'il a fait*

de concert avec les Officiers de l'Ecole, qui étoient bien-aiſes de s'inſtruire de l'uſage de ces Tables, la plûpart ayant même aidé à les calculer. On a donc propoſé de tirer des bombes à 50, 112, 150, 200, 250 & à 300 toiſes de diſtance, ce qu'ils ont fait avec autant de juſteſſe qu'on pouvoit le ſouhaiter : d'où nous avons inféré que leſdites Tables fourniſſoient un moyen le plus juſte & le plus aiſé qui ait été en uſage juſqu'ici, pour jetter des bombes avec préciſion. Nous pouvons même ajouter, que M. de Valliere *s'étant trouvé pluſieurs fois au Polygone à l'Ecole du Canon, lorſque les mortiers étoient pointés ſelon les Tables ſuſdites pour aller au but, a marqué beaucoup de ſatisfaction de voir que les bombes y alloient tomber avec beaucoup de juſteſſe, & qu'il a fort loué, auſſi bien que nous, le zéle que M.* Belidor *fait paroître pour tout ce qui pouvoit contribuer au bien du ſervice du Roi. En effet, on doit lui ſçavoir beaucoup de gré de la peine qu'il s'eſt donnée pour calculer une Table d'une auſſi grande étendue : le jet des bombes avoit beſoin d'un pareil ſecours, avec lequel il y a toute apparence qu'on réuſſira mieux que par le paſſé, quand on s'appliquera à prévenir les ac-*

cidens inſéparables de la pratique ; & c'eſt ce qu'on eſt à même de faire dans les Ecoles, pour qu'à l'avenir on puiſſe à la guerre, en ſe ſervant, comme il faut de ces Tables, répondre aux intentions que la Cour a eues en les faiſant imprimer. Fait à la Fere, *le vingt-ſeptiéme Mai mil ſept cent trente-un. Signé* le Chevalier Dabouville, Sabrevois, Duheron.

OBSERVATIONS

Sur les Tables des anciens Bombardiers.

LES anciens Bombardiers ayant ſenti dès les commencemens de leur établiſſement, la néceſſité d'avoir quelque régle pour ſe conduire dans la pratique du jet des bombes, ont fait des épreuves pour s'en ſervir à la guerre. Ils ont commencé par tirer un mortier de 12 pouces de calibre, chargé de 2 livres de poudre, pointé d'abord ſous l'angle de 10 degrés, enſuite ſous celui de 11, 12, 13, &c. & ayant obſervé la différence des portées, ils ont conclu qu'el-

les augmentoient toujours de 8 toiſes de degré en degré, juſqu'à la plus grande portée qu'ils ont dit être de 360 toiſes; qu'avec le même mortier chargé de 2 livres & demie, elles augmentoient de 10 toiſes, & qu'avec 3 livres elles augmentoient de 12 toiſes; ſur ce fondement ils ont fait des Tables dont les portées ſont en progreſſion arithmétique, de même que les angles de l'élévation.

Ils ont auſſi dreſſé d'autres Tables, pour les mortiers de 8 pouces de calibre, ſur le principe, que chargés de demi-livre de poudre, les portées augmentoient de 7 toiſes, toujours de degré en degré, juſqu'à celle de 45 qui devoit être de 315 toiſes, que chargés de trois quarterons, elles augmentoient de 10 toiſes, 2 pieds; enfin, que chargés d'une livre de poudre, elles augmentoient de 13 toiſes 4 pieds.

Si les ſinus des angles de degré en degré étoient en progreſſion arithmétique, ils auroient eû raiſon de penſer comme ils ont fait; mais il ſuffit de ſavoir les premiers élémens de la géométrie, pour appercevoir que leurs Tables étant fondées ſur de faux principes, elles ne peuvent être juſtes. Cependant on s'en eſt ſervi depuis 60 ans, parce

que l'uſage n'avoit rien autoriſé de meilleur ; *Saint-Remy* les rapporte dans ſes *Mémoires d'Artillerie*, & dit les avoir tirées du *Traité du jet des Bombes* de M. *Blondel*, ſans parler du jugement qu'en a porté cet Auteur, qui n'en a fait mention que pour les blâmer. Ceux qui liſent *Saint-Remy*, & qui n'ont point vû le *Traité* de M. *Blondel*, s'imaginent que ce dernier les a données pour bonnes, mais ce n'a jamais été ſon deſſein. Il eſt vrai qu'il n'a pas fait ſentir en quoi ces Tables étoient défectueuſes ; & comme je crois que perſonne ne s'en eſt donné la peine, il eſt à propos d'en déſabuſer ceux qui auroient pour elles plus de confiance qu'elles ne méritent, c'eſt pourquoi je les prie de faire attention à ce qui ſuit.

L'amplitude de 45 degrés étant double de celle de 15, ſi une bombe a été chaſſée avec deux livres de poudre à 120 toiſes, ſous l'angle de 15 degrés (comme on l'a rapporté dans la premiere de ces Tables) elle ne peut être jettée au-delà de 240 toiſes, avec la même charge à 45 degrés ; cependant les anciens Bombardiers ſuppoſent qu'elle peut aller à 360 toiſes, qui eſt une différence de 120 toiſes. De même pour

les mortiers de 8 pouces, ils rapportent qu'étant chargés avec une demi-livre de poudre, & pointés ſous l'angle de 15 degrés, la bombe doit être chaſſée à 105 toiſes, ce qui ne peut donner que 210 toiſes pour la plus grande portée, au lieu qu'ils la ſuppoſent de 315 toiſes: quoique ces deux exemples puiſſent ſuffire pour prouver la fauſſeté de ces Tables, il eſt à propos de n'en pas demeurer-là, & d'en pouſſer l'examen plus loin.

Les amplitudes des paraboles ſous différens angles, étant entr'elles dans la raiſon des ſinus des angles doubles de ceux de l'élévation du mortier, on pourra toujours connoître la différence des portées, & le rapport de cette différence avec l'amplitude de 45 degrés; car les portées ſous les angles de 10 & de 15 degrés, étant comme le ſinus de 20 & de 30, ſi l'on prend la différence de ces deux ſinus, & qu'on faſſe la même choſe pour les autres portées de cinq en cinq degrés, juſqu'à 45, l'on verra que comparant chacune d'elles au ſinus total, qui deviendra le dénominateur commun, l'on aura à peu près les rapports ſuivans, $\frac{3}{20}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{14}$, $\frac{1}{22}$, $\frac{1}{06}$, c'eſt-à-dire, que ſi l'on tire un mortier avec une

une certaine charge (il n'importe laquelle, pourvû qu'elle ſoit toujours la même) la portée de 15 degrés ſurpaſſera celle de 10 de $\frac{3}{20}$ de la plus grande portée, celle de 20 ſurpaſſera celle de 15 d'un ſeptiéme, ainſi des autres, de cinq en cinq degrés juſqu'à celle de 45, qui ne ſurpaſſera celle de 40 que de $\frac{1}{86}$ de la portée de 45 même. Or, comme les différences des portées, depuis 10 degrés juſqu'à 45, ſont exprimés par les rapports précédens, & que ces différences vont toujours en diminuant, à meſure que les portées approchent de 45 degrés, parce qu'elles ſuivent celle des ſinus de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 & de 90 degrés; l'on voit combien ces ſinus, auſſi-bien que ceux qui leur ſont interpoſés, ſont éloignés d'être en progreſſion arithmétique, & combien il eſt abſurde d'avoir ſuppoſé que les portées, depuis 10 degrés juſqu'à 45 augmentoient également, puiſque quand il y aura 40 toiſes de différence de la portée de 15 degrés à celle de 10, il n'y en aura pas ſeulement 3 de 45 degrés à 40: de-là vient que les portées de 45, ſelon ces Tables, ſont beaucoup trop grandes, & qu'on a eſtimé celles des

mortiers fort au-deſſus de ce qu'elles ſont effectivement.

Pour juger de la cauſe qui a fait errer nos premiers Bombardiers juſqu'à ce point, on peut croire avec beaucoup de vraiſemblance, qu'ils ont commencé par pointer le mortier ſous l'angle de 10 degrés, qu'ils ont choiſi pour le plus petit; qu'enſuite ils l'ont pointé ſous 11, 12, 13, 14 & 15 degrés; & ayant vû dans la premiere épreuve, que les portées différoient entr'elles d'environ 8 toiſes, & ſembloient former une progreſſion arithmétique (comme en effet, elles n'en ſont point fort éloignées, à cauſe que les ſinus des angles doubles des précédens, ſe ſurpaſſent à peu près de même) ils ſe ſont contentés de tirer ſous ces angles ſeulement, croyant qu'il en devoit être ainſi pour tous les autres, ſans examiner les choſes de plus près, & ont dreſſé leurs Tables, en ajoutant toujours 8 toiſes de degré en degré juſqu'à 45. Depuis ce tems-là, on s'eſt pourtant bien apperçû dans la pratique, que les portées ſous 45 degrés, n'étoient guéres plus grandes que celles de 40, ſans ſçavoir à quoi en attribuer la cauſe; mais cela vient de ce que le ſinus de

90 degrés, ne différe pas beaucoup de celui de 80; auſſi voit-on dans les Tables que j'ai calculées, qu'à la fin de chaque colonne, les portées paſſent tout d'un coup de 40 à 45, & que dans les amplitudes qui vont juſqu'à 300 toiſes, la différence des portées ſous ces deux élévations, n'eſt guéres que de 4 toiſes, & devient d'autant plus petite à proportion que le mortier eſt moins chargé. Je conclus donc, que les Tables des anciens Bombardiers n'ont eu pour principe, ni la théorie, ni la pratique; car, s'ils euſſent raiſonné, ils n'auroient pas ſuppoſé (comme ils l'ont fait) les portées en progreſſion arithmétique, & ſi tout ſimplement ils euſſent continué à tirer de degré en degré, depuis 10 juſqu'à 45, ils auroient vû qu'à meſure qu'ils auroient approché de la plus grande amplitude, la différence des portées devenoit toujours plus petite, & ils ne ſe ſeroient pas aviſés de les ſuppoſer égales.

Comme il arrive ſouvent qu'il ſuffit que la plûpart des choſes ayent l'ancienneté de leur côté, pour acquérir dans le monde un credit qu'elles ne méritent pas, j'ai cru que pour ſatisfaire les perſonnes qui n'entendroient pas les raiſons dont je viens de me ſervir, pour

démontrer la fauſſeté des Tables en queſtion, il convenoit de faire des épreuves qui ne laiſſaſſent plus rien à déſirer ſur ce ſujet.

Le 11 du mois de Juin de l'année 1731, j'ai fait charger de cinq quarterons de poudre un mortier cône; la poudre n'a été couverte que d'un bouchon de fourrage ſans terre, & l'on s'eſt toujours ſervi de la même bombe poſée dans le mortier, ſans y mettre de la terre autour, afin de tirer toujours de même; ayant pris d'ailleurs toutes les précautions poſſibles, pour éviter les accidens qui naiſſent à chaque inſtant dans la pratique, ce qui eſt bien difficile, à moins qu'on ne ſoit ſans ceſſe occupé à les prévoir. Ayant donc pointé le mortier ſous l'angle de 10 degrés, on a tiré deux coups, qui ont été,

Le premier à . . 31 toiſes.
Le ſecond à . . 32 ½.

On a pointé enſuite ſous l'angle de 20 degrés, & l'on a tiré deux coups avec la même charge, qui ont porté,

Le premier à . . 62 toiſes, 3 pieds.
Le ſecond à . . 63

On a auſſi tiré deux coups ſous l'angle de 30 degrés,

Le premier a été à 83 toiſes.

Le ſecond à . . 82 toiſes, 4 pieds.

Deux coups encore ſous l'angle de 40 degrés,

Le premier a porté à 96 toiſ. 4 pieds.

Le ſecond à . . . 96

Deux autres ſous l'angle de 45 degrés, qui ont été,

Le premier à . . 97 toiſes, 3 pieds

Le ſecond à . . 97 . . . 5

Enfin, deux coups pointés ſous l'angle de 50 degrés, qui ont porté,

Le premier à . . 95 toiſes, 4 pieds

Le ſecond à . . 96

Si l'on compare les épreuves qui ont été faites ſous les angles précédens, l'on verra que les amplitudes ſous 20 degrés, ſurpaſſent celles ſous 10 degrés de 30 toiſes; que celles de 30 degrés ſurpaſſent celles de 20 degrés, de 20 toiſes; que celles de 40 degrés, ſurpaſſent celles de 30 degrés, de 13 toiſes; que celles de 45, ſurpaſſent celles de 40 d'un peu plus de 8 pieds; enfin, que celles de 50 degrés ſont au-deſſous de celles de 45, de 8 à 9 pieds, c'eſt-à-dire, à peu près les mêmes que celles de 40 degrés.

Le 15 Juin, on a chargé le mortier à deux livres de poudre, avec les mêmes précautions que ci-devant; on a tiré deux coups ſous les angles de 10,

de 15, de 20, de 25, de 30, de 35, de 40 & de 45 degrés.

Les deux coups qui ont été tirés ſous l'angle de 10 degrés, ont porté,

Le premier à . . . . . 81 toiſes.
Le ſecond à 83

Ce qui donne pour la portée moyenne . . . . . 82 toiſes.

Les deux coups ſous l'angle de 15 degrés,

Le premier a été à . . 118 toiſes.
Le ſecond à 114
Portée moyenne . . . 116

Les deux coups ſous l'angle de 20 degrés,

Le premier a été à . . 152 toiſes.
Le ſecond à 149
Portée moyenne 150

Les deux coups ſous l'angle de 25 degrés,

Le premier a été à . . 184 toiſes.
Le ſecond à 182
Portée moyenne 183

Les deux coups ſous l'angle de 30 degrés,

Le premier à . . . . . 206 toiſes.
Le ſecond à 200
Portée moyenne 203

Sous l'angle de 35 degrés, les deux coups ont porté,

Le premier à . . . . . 222 toiſes.
Le ſecond à 216
Portée moyenne 219

Sous l'angle de 40 degrés, les deux coups ont été,

Le premier à . . . . . 230 toiſes.
Le ſecond à 236
Portée moyenne 233

Les deux coups ſous l'angle de 45 degrés, ont été,

Le premier à . . . . . 233 toiſes.
Le ſecond à 240
Portée moyenne . . . 236

Si l'on cherche préſentement combien chaque portée moyenne ſurpaſſe celles qui la précédent, on trouvera pour leur différence 34, 34, 33, 20, 16, 14 & 3 toiſes.

Le 20 du même mois, quelques Officiers des Bombardiers s'étant rendus à la batterie, voulurent voir par eux-mêmes, ſi la portée de 45 degrés étoit effectivement double de celle de 15. Ils chargerent un mortier poire, d'une livre de poudre, qu'ils pointerent à 15 degrés: la bombe ſous cet angle fut jettée à 47 toiſes de diſtance, & l'ayant pointé enſuite à 45 degrés avec la même charge, la bombe fut tomber à 94 toiſes juſtes. Comme je n'étois point à la bat-

terie ce jour-là, je ne rapporte cette expérience que ſur le témoignage de ces Meſſieurs.

Tout ceci fait voir que l'expérience eſt aſſez d'accord avec la théorie, puiſque, ſi l'on cherche dans les Tables, un coup d'épreuve qui réponde à la portée moyenne de 15 degrés, qui eſt ici de 116 toiſes, on trouvera aux pages 22 & 23 * une colonne dans laquelle on verra que les portées de 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 & 45 degrés, ſont à peu près conformes aux précédentes.

* Edition *in-quarto.*

On remarquera auſſi dans ces épreuves, que depuis 40 degrés juſqu'à 50, les amplitudes ſont preſque les mêmes; ainſi quand on ſçait devoir tirer longtems ſur un même objet, il eſt à propos de charger le mortier de façon qu'on le puiſſe pointer aux environs de 45 degrés pour y arriver; parce qu'alors, ſi les accidens faiſoient partir la bombe ſous un angle de 3 à 4 degrés, plus ou moins ouvert que celui ſous lequel on auroit pointé le mortier, comme cela arrive très-ſouvent, cet accident ne cauſeroit que très-peu de différence dans les portées, au lieu que ſous les angles qui auroient depuis 10 juſqu'à 25 degrés, les mêmes accidens ſont d'une bien plus

grande conſéquence, puiſque l'angle du mortier devenant plus ou moins ouvert de 3 à quatre degrés, les portées augmenteroient ou diminueroient de 26 ou 30 toiſes.

Sur les propriétés des différentes chambres des Mortiers.

Les différentes figures que l'on donne à la chambre des mortiers, pouvant contribuer à chaſſer les bombes plus ou moins loin, avec une même quantité de poudre, j'ai crû qu'il étoit à propos d'examiner leurs propriétés, afin qu'on pût en raiſonner juſte.

L'on a imaginé juſqu'ici quatre ſortes de chambres pour les mortiers, la premiere eſt celle que l'on nomme cylindrique, parce qu'en effet, elle a la figure d'un cylindre, dont la lumiere qui porte le feu à la charge, répond au cercle du fond: il y en a où ce fond ſe trouve un peu concave, afin qu'une partie de la poudre ſe trouvant au-deſſous de la lumiere, toute la charge pût s'enflammer plus promptement; car les chambres cylindriques ont cela de défectueux, que lorſqu'on y met beaucoup de poudre, il n'y a guéres que celle qui ſe trouve au fond qui contribue à chaſſer

la bombe, l'autre ne s'enflammant que quand elle eſt déja partie. On a auſſi remarqué pluſieurs fois, que ſix livres de poudre ne chaſſoient la bombe guéres plus loin, ſous le même degré d'élévation, que cinq livres, à cauſe que l'ame du mortier n'ayant que très-peu de longueur, la bombe ne parcourt pas un aſſez long eſpace avant que d'en ſortir, pour recevoir l'impulſion de la poudre qui s'enflamme ſur la fin, ce qui eſt un des plus grands défauts que puiſſe avoir une arme à feu, dont la perfection ſe réduit à faire enſorte que toute la charge ſoit enflammée dans le moment que le corps qu'elle chaſſe eſt ſur le point de partir.

Un autre défaut des chambres cylindriques, eſt qu'elles ſont rarement bien coulées, l'axe étant preſque toujours oblique à celui du mortier, au lieu qu'il devroit être le même; ce qui fait que l'action de la poudre n'embraſſant point le culot de la bombe, pour la chaſſer directement, imprime ſa force au-deſſus ou au-deſſous, à droite ou à gauche, & écarte beaucoup la bombe de l'objet ſur lequel on vouloit la jetter. Il arrive un inconvénient plus pernicieux encore, c'eſt que la bombe avant que de ſortir du

mortier, le choque quelquefois avec tant de violence, qu'elle ſe caſſe en morceaux. Pluſieurs Bombardiers aſſurent que le plus grand nombre des mortiers cylindriques dont on s'eſt ſervi dans la derniere guerre, étoient ſi ſujets à caſſer les bombes, qu'ils avoient été obligés de les caler avec des écliſſes, afin qu'elles ſortiſſent du mortier ſans le toucher.

Il y a long-tems qu'on s'eſt apperçu que les mortiers cylindres ne chaſſoient pas les bombes à des diſtances proportionnées à la quantité de poudre dont on les chargeoit, c'eſt pourquoi on a imaginé des chambres ſphériques, où la poudre étant plus ramaſſée autour de la lumiere, le feu pût ſe porter plus promptement à toutes les parties de la poudre pour s'enflammer à la ronde dans un inſtant, & non pas ſucceſſivement, comme dans les chambres cylindriques. De plus, le diamétre du cercle qui forme l'entrée de la chambre étant plus petit que celui de la chambre même, il arrive que la poudre qui s'eſt enflammée la premiere ne rencontrant point d'abord une iſſue libre pour s'échapper, choque les parois de la chambre, s'agite avec une extrême violence, ſe réfléchit ſur elle-même, & allume celle qui ne l'étoit

pas encore; de ſorte que devenue un fluide à reſſort, elle réunit tous ſes efforts contre la bombe qu'elle chaſſe avec toute la force dont elle eſt capable.

Les chambres ſphériques ſeroient ſans doute préférables à toutes autres pour les armes à feu en général, ſi elles n'avoient le ſort de toutes les machines, qui eſt de ne pouvoir être perfectionnées au point de les rendre exemptes de défauts. Le diamétre de l'entrée de cette chambre étant plus petit que celui de la chambre même, fait, comme je l'ai dit, que la poudre s'enflamme preſqu'à la fois dans un inſtant. Mais cet avantage eſt ſujet à un inconvénient, qui eſt que la difficulté que la poudre trouve d'abord à s'échapper, fait qu'elle tourmente extrêmement l'affût, la platte-forme & le mortier, qu'il eſt preſqu'impoſſible de maintenir ſous l'angle où on l'avoit pointé; ainſi la bombe partant ſous une direction différente de celle qu'on lui avoit donnée, s'écarte beaucoup du but.

Quand on ne veut pas tirer loin, & que l'on ne met dans la chambre qu'une petite quantité de poudre, il y reſte un grand vuide qui diminue beaucoup la force de la charge, parce qu'elle n'eſt

pas ſerrée, & on ne peut remplir ce vuide de terre, par la difficulté de la répandre également, c'eſt pourquoi on ſe ſert peu de ces ſortes de mortiers pour l'attaque ordinaire des places, les réſervant quand on eſt obligé de faire un bombardement de fort loin, alors ils ſont excellens. On a cependant cherché à conſerver ce que les chambres de ces mortiers avoient de bon, & à corriger ce qu'elles avoient de défectueux, & c'eſt ce que l'on rencontre dans ceux à chambre poire : le fond eſt à peu près une demi-ſphere, dont le diamétre du grand cercle détermine celui de la chambre ; de-là les parois vont en adouciſſant rencontrer l'entrée, dont le diamétre eſt un peu plus petit que celui dont je viens de parler. L'avantage de cette chambre eſt, que deux livres de poudre y font plus d'effet que trois dans le mortier cylindre, toutes choſes étant égales d'ailleurs. Ces mortiers ne ſont pas ſujets à caſſer leurs bombes, & l'on y met auſſi peu de poudre que l'on veut, ſans que cela lui ôte rien de la propriété qui lui eſt eſſentielle, qui eſt, que la poudre ſe trouvant plus ramaſſée, s'enflamme à la ronde, pour réunir tous ſes efforts. Alors, la flamme pouvant gliſ-

ſer, pour ainſi dire, contre les parois qui ſe trouvent depuis le milieu de la chambre juſqu'à l'entrée, ſans être empriſonnée comme dans la chambre ſphérique : elle s'échappe plus aiſément, & ne tourmente point tant l'affût & les machines dont on eſt obligé de ſe ſervir pour pointer.

Enfin, l'on s'eſt ſervi dans ces derniers tems, de mortiers à chambre cône. Comme cette chambre eſt extrêmement évaſée, la poudre s'y enflamme aſſez facilement, mais auſſi elle a la liberté de ſe dilater, ſans rencontrer d'autre obſtacle que celui de la bombe, ce qui fait que la même quantité ne chaſſe pas tout-à-fait ſi loin que dans le mortier poire, mais elle chaſſe au-delà des cylindriques ; car, ſans terre, ni bouchon, rien que la bombe ſur la poudre, l'on peut avec trois livres de poudre tirer juſqu'à 400 toiſes de diſtance, au lieu que quatre livres ſuffiſent à peine avec le mortier cylindre, ſi on le tire auſſi ſans terre, ni bouchon ; ce qui vient de ce que la poudre qui eſt dans la chambre cône, venant à s'enflammer, embraſſe la bombe, & lui imprime ſon impulſion ſur toute la moitié inférieure de ſon globe. D'ailleurs, l'ame du mor-

tier cône étant beaucoup plus profonde que celle des autres, la bombe ſe dirige mieux, ſe loge, pour ainſi dire, elle-même en s'appuyant contre les bords de la chambre : que s'il s'en rencontre quelques-unes qui ayent plus ou moins de calibre, la différence des portées n'en eſt pas ſi ſenſible qu'aux autres mortiers, parce que la bombe s'appuyant toujours ſur les bords de la chambre, le vent en eſt preſque le même. La figure extérieure du mortier cône eſt plus commode que toutes les autres, pour l'appuyer ſolidement contre les coins de mire, lorſqu'on veut le pointer ſous quelqu'angle que ce ſoit, à cauſe que le métal y eſt uni, n'y ayant point de vuide, ni de renflement. J'ajouterai, qu'ayant fait beaucoup d'épreuves avec toutes ſortes de mortiers, je n'ai jamais tiré ſi juſte qu'avec ce dernier.

Sur la plus grande portée des Mortiers.

Pour juger de la plus grande portée des mortiers, ſelon la quantité de poudre dont ils ſeront chargés, eû égard à leur calibre & à la figure de leurs chambres, j'ai fait un grand nombre d'expériences ; afin, que dans l'occaſion on

pût ſçavoir à peu près la quantité de poudre qu'il faudra employer, pour aller au moins à la diſtance où l'on ſe propoſe de tirer. Comme ces épreuves peuvent être très-utiles, & qu'elles ont été faites avec beaucoup d'attention, je vais en donner le détail.

Il eſt bon d'être prévenu, que dans ces épreuves j'ai toujours pointé le mortier à 15 degrés, & qu'après avoir meſuré les diſtances où ont été les bombes, je les ai doublées pour avoir la plus grande amplitude, c'eſt-à-dire, celle de 45 degrés; c'eſt pourquoi on doit regarder toutes les portées dont je vais faire mention, comme ſi les bombes avoient été tirées ſous cet angle. J'en ai uſé ainſi, pour n'être pas obligé de meſurer de trop longues diſtances, & pour éviter le dommage que ces épreuves auroient cauſé à la campagne, les ayant faites dans une ſaiſon où elle étoit couverte des biens de la terre.

J'ajouterai qu'on a toujours mis un bouchon de fourrage ſur la poudre, & que quand on s'eſt ſervi de terre, pour remplir la chambre des mortiers, on n'a fait que la preſſer tant ſoit peu avec la demoiſelle, ne l'ayant pas refoulée, comme on fait ordinairement.

Un mortier de 12 pouces de calibre, dont la chambre étoit cylindrique, chargé d'une livre de poudre, un bouchon & de la terre pardeſſus, a donné pour ſa plus grande amplitude, ci . . . . . 124 toiſ.

Chargé d'une livre & demie & avec les mêmes précautions, a donné pour ſa plus grande amplitude 180

Chargé de deux livres . . 258
Chargé de deux liv. & demie 328
Chargé de trois livres . . . 386
Chargé de trois liv. & demie 432
Chargé de quatre livres . . 478
Chargé de quatre l. & demie 515
Chargé de cinq livres . . . 550

La chambre de ce mortier pouvoit contenir environ ſix livres de poudre, mais on n'a pas voulu en mettre plus de cinq, afin d'avoir de la place pour le bouchon.

Un mortier de 12 pouces de calibre, à chambre poire, chargé d'une livre de poudre, couverte d'un bouchon de fourrage, & le reſte de la chambre rempli de terre, a donné pour ſa plus grande amplitude . . . . . 160 toiſ.

Chargé d'une livre & demie avec les mêmes précautions . . 226

Chargé de deux livres . . . 300 toiſ.
Chargé de deux liv. & demie 384
Chargé de trois livres . . . 552
Chargé de trois liv. & demie 633
Chargé de quatre livres . . 705
Chargé de quatre l. & demie 766

La chambre de ce mortier s'étant trouvée preſque pleine avec quatre livres & demie de poudre, & ne reſtant de place que pour le bouchon, on n'a pû le tirer avec une plus grande quantité.

J'ai éprouvé un autre mortier de 12 pouces de calibre, dont la chambre étoit un cône renverſé, en voici les dimenſions. Ce cône étoit un peu tronqué vers le fond, vis-à-vis la lumiere, & faiſoit un cercle d'environ 2 pouces de diamétre, les côtés du cône avoient 14 pouces, l'axe 12 pouces 7 lignes, & le diamétre du grand cercle, qui étoit le même que celui du mortier, 12 pouces juſtes; cette chambre pouvoit contenir juſqu'à 8 livres de poudre.

Ce mortier étant chargé d'une livre de poudre, couverte d'un peu de fourrage & environ 2 pouces de terre, répandue également pardeſſus & un peu preſſée, a donné pour ſa plus grande amplitude . . . . . 120 toiſ.

Chargé d'une livre & demie, avec les mêmes précautions . . . . . 174 toiſ.
Chargé de deux livres 245
Chargé de deux liv. & demie 338
Chargé de trois livres . . . 416
Chargé de trois liv. & demie 486
Chargé de quatre livres . . 562
Chargé de quatre l. & demie 646
Chargé de cinq livres . . . 734
Chargé de cinq liv. & demie 825
Chargé de ſix livres 906

Pour connoître auſſi la portée des mortiers de 8 pouces de calibre, j'en ai chargé un d'un quarteron de poudre avec un petit bouchon de fourrage pardeſſus, le reſte de la chambre rempli de terre, preſſée tout doucement avec la demoiſelle, & j'ai trouvé que ſa plus grande amplitude donnoit . . . . . 101 toiſ.

Chargé de demi-livre de poudre & les mêmes précautions . . 162
Chargé de trois quarterons . . 246
Chargé d'une livre 350

Et que chargé de cinq quarterons, qui eſt la plus forte charge; car il ne reſtoit de place que pour mettre le bouchon, ſa plus grande portée étoit de . . 386 toi.

Comme nous n'avions point de mortier concave à l'Ecole de *la Fere*, je n'ai pû faire d'épreuve avec ceux de cet-

te eſpéce, mais je rapporterai ce qu'en dit *S. Remy*, dans ſes *Mémoires d'Artillerie*. Il prétend que les mortiers concaves de 12 pouces de calibre, dont la chambre contient 8 livres de poudre, portent avec cette charge (le mortier pointé à 45 degrés) à . . . 1200 toiſ.

Que ceux dont les chambres contiennent 12 livres de poudre, portent avec cette charge, & pointé comme ci-devant, à . . . . . 1400 toiſ.

Enfin, que ceux dont les chambres contiennent 18 livres de poudre, portent juſqu'à . . . . . 1800 toiſ.

La plûpart de ceux qui ont écrit ſur l'artillerie, ſuppoſent la portée des mortiers beaucoup plus grande que je ne l'ai trouvée dans les épreuves que j'ai faites; par exemple, ils prétendent que les mortiers de 12 pouces, à chambre cylindrique, chargés de deux livres de poudre, portent juſqu'à 360 toiſes; chargés de deux livres & demie, portent à 450 toiſes; chargés de trois livres à 540; enfin, chargés de cinq livres, à 700 toiſes.

Que les mortiers de 8 pouces chargés d'une demi-livre, portent à 315 toiſes; chargés de trois quarterons à 465; chargés d'une livre à 615; mais cela

vient de ce qu'ils ont ſuivi ce qui a été rapporté par les anciens Bombardiers. Le Chevalier *de Saint-Julien*, dans ſon Livre, qui a pour titre *La Forge de Vulcain*, a donné dans la même erreur, en ſuppoſant que les portées ſe ſurpaſſoient également de degré en degré, tantôt de 62 pieds, tantôt de 82, &c. ſelon que la charge étoit plus ou moins forte, ainſi je laiſſe à penſer, ſi l'on peut compter ſur de pareilles eſtimations.

Pour dire un mot de l'uſage que l'on peut faire des épreuves précédentes, je ſuppoſe que l'on veut jetter des bombes à 350 toiſes de diſtance, avec un des quatre mortiers dont j'ai parlé; par exemple, avec le mortier poire : il faut chercher dans l'article qui regarde ce mortier, une portée qui approche de celle où l'on veut aller, que l'on trouve de 384 toiſes, qui répond à deux livres & demie de poudre, c'eſt-à-dire, à la quantité dont il faudra charger le mortier. Or, faiſant un coup d'épreuve à 15 degrés avec cette charge, l'on trouvera, comme à l'ordinaire, dans les Tables, la colonne où il faut prendre l'élévation du mortier, pour aller à 350 toiſes : on s'y prendra de même pour les autres mortiers.

Sur les Bombes.

La cauſe la plus ordinaire de la différence des portées, vient principalement de l'inégalité des bombes, elles ont rarement la même peſanteur & preſque toujours un côté plus chargé de métal que l'autre, ce qui les jette à droite ou à gauche du but; les anſes n'en ſeront pas également placées, ni de même groſſeur; les diamétres des bombes n'en ſeront pas non plus les mêmes, & différeront de 2 à 3 lignes, ce qui en diminue ou augmente le vent dans la raiſon de la différence des quarrés des mêmes diamétres, & la poudre de la chambre ayant plus de jour pour ſe dilater une fois que l'autre, agit en conformité & produit dans les portées des différences qu'on ne ſçait à quoi attribuer, parce que les bombes auront paru de même groſſeur, & qu'on ne va pas s'imaginer qu'une différence ſi inſenſible ſur leurs diamétres, puiſſe tirer à conſéquence. L'unique parti qu'on puiſſe prendre pour remédier à ces défauts, eſt de choiſir les bombes les plus égales, pour les tirer ſur l'endroit qu'on a le plus d'intérêt de ruiner, & ſe ſervir des autres pour les endroits ſpacieux.

On rencontre assez souvent des bombes qui n'ont qu'une anse, en ce cas, il faut les placer dans le mortier, de façon que l'anse se trouve en haut ou en bas du mortier, & non de côté. Il en faut faire de même lorsqu'on s'apperçoit qu'elles ont un fort.

Sur la maniere de charger le Mortier.

Lorsqu'on n'est pas fort éloigné de l'endroit qu'on veut ruiner, il ne faut point employer de terre, sur-tout quand il sera question d'atteindre un objet d'une petite étendue : car, il est très-difficile de charger également, par conséquent de tirer juste lorsqu'on met de la terre, & qu'on la refoule, parce qu'alors on multiplie de cent façons différentes la cause des accidens, au lieu qu'il est de la prudence d'en diminuer le nombre autant qu'il est possible.

Si l'on veut absolument se servir de terre sur la poudre, il faut en faire passer une certaine quantité à travers une claye pour la décharger des petits cailloux & gravois qui peuvent s'y trouver, ou l'on en prendra des taupinieres lorsqu'on est dans un terrein où il y en a; la mettre dans des paniers & la remuer à mesure

qu'on l'employera, autrement celle de deſſus ſera plus ſéche que celle du fond; faire enſorte d'en mettre toujours la même quantité dans le mortier, & en remplir la chambre ſans l'y preſſer.

Comme on ſe ſert de meſures de fer blanc pour charger le mortier, rien n'eſt plus aiſé que de ſe tromper ſur la quantité de poudre qu'on prend ; car ces meſures peuvent être remplies plus une fois que l'autre. Si le grain de la poudre n'eſt pas toujours le même, il n'y a pas de doute qu'on n'en prenne une plus grande quantité, quand il ſera gros que quand il ſera plus fin, parce que les petits grains ayant plus de ſurface à proportion que les gros, ceux de la poudre fine occupent plus d'eſpace. J'ajouterai que les meſures étant ſujettes à être jettées çà & là, elles changent de figure & deviennent ovales de rondes qu'elles étoient, ce qui en diminue la capacité. Il faudroit donc pour être aſſuré qu'on employe toujours la même quantité de poudre, peſer les charges qu'on doit employer & les mettre dans de petits ſacs. Je ſçais qu'à un ſiége il eſt difficile d'avoir tant de ſujettion, mais il faut convenir auſſi, qu'on y ſert les mortiers trop cavaliérement.

Au reſte, ce que je dis ne ſera pris, ſi l'on veut, que comme pouvant avoir lieu dans les cas où il eſt eſſentiel de jetter quelques bombes à propos.

La maniere d'amorcer le mortier, peut encore cauſer de l'altération ; car ſi l'on inſinue plus de poudre une fois qu'une autre dans la lumiere, elle portera le feu à la charge avec plus de vivacité que ſi l'on en mettoit moins ; ce qui pouvant cauſer plus de célérité dans l'inflammation de la poudre, ne peut manquer de donner plus de chaſſe à la bombe : pour corriger les différences qui peuvent ſurvenir de ce côté-là, il faudroit ſe ſervir d'étoupille.

Sur la maniere de pointer le Mortier.

Ayant calculé l'ouverture des angles d'élévation qu'il faut donner aux mortiers, avec le plus de préciſion qu'il m'a été poſſible, pour toutes les amplitudes marquées dans les Tables, je ne l'ai pû faire ſans aller juſqu'aux minutes, comme on a dû s'en appercevoir. C'eſt pourquoi il eſt bon d'être prévenu que, lorſque je tire des bombes, je me ſers d'un quart de cercle beaucoup plus grand que celui qui eſt en uſage parmi les

Bombardiers, le mien ayant deux pieds de rayon, au lieu que le leur n'a pas ſeulement trois pouces. De-là vient qu'il n'eſt preſque pas poſſible de tirer juſte avec un pareil inſtrument, pouvant faire des erreurs d'un degré ou deux, ſur l'élévation qu'on veut donner aux mortiers. Car, comme l'on poſe ce petit quart de cercle indifféremment à tous les endroits du bord de la bouche du mortier, il arrive le plus ſouvent que le métal n'étant pas coulé également par-tout, & le pied de l'inſtrument ne poſant pour ainſi dire, que ſur deux points, on trouve des angles différens chaque fois qu'on le change de ſituation. Ainſi, comment peut-on ſçavoir l'endroit où on le doit fixer pour pointer juſte? J'ai auſſi remarqué, que lorſqu'on avoit pointé à une certaine élévation, ſi l'on appliquoit ſur le mortier, pluſieurs quarts de cercle l'un après l'autre, chacun donnoit un nombre de degrés différens, quoique poſés au même endroit, parce que la plûpart ſont mal faits ou devenus défectueux pour les avoir laiſſé tomber, ce qui en fauſſe le pied.

Pour éviter ces inconvéniens, il faut avoir un grand quart de cercle de bois, comme celui qui eſt repréſenté par la

premiere figure de la planche troiſiéme, accompagné d'une branche ou régle D E, que l'on puiſſe poſer diamétralement ſur le mortier; comme on le voit exprimé par la même figure, planche troiſiéme; prendre garde ſi le mortier eſt bien coulé, & faire en ſorte que la branche D E en coupe parfaitement l'ame à angle droit: au centre de ce quart de cercle, eſt attaché un pendule, qui n'eſt autre choſe qu'un fil de ſoye, au bout duquel eſt un plomb qui va ſe loger dans une rainure, afin que la ſoye réponde immédiatement aux diviſions de l'inſtrument. Cette rainure eſt marquée dans la même figure de la troiſiéme planche, par les lettres A B C. Planc. III. Fig. 1.

Comme il eut été difficile d'exprimer dans cette figure la maniere dont j'ai diviſé le quart de cercle, pour plus d'intelligence, j'en ai rapporté une partie en grand, qui montre qu'on peut donner aux mortiers, à une ou deux minutes près, les élévations qui ſont indiquées dans les Tables. Pour cela, après avoir diviſé, comme à l'ordinaire, le quart de cercle en 90 degrés, j'ai diviſé la ligne F G en 12 parties égales, & du centre du quart de cercle, j'ai décrit autant de circonférences, que de points de Planc. III. Fig. 2.

diviſion. J'ai tiré dans chaque trapéſe, comme M K L N qui compoſe un degré, une diagonale K N qui ſe trouve auſſi diviſée en 12 parties, par les circonférences précédentes; de ſorte, que commençant du point K, chacune de ces parties vaut 5 minutes. Par exemple, l'arc O K étant d'un degré, ſi le pendule H I venoit rencontrer le point de la ligne K N qui répond à la circonférence 5, il feroit avec le rayon P Q un angle d'un degré 5 minutes; s'il répondoit à la quatriéme diviſion, c'eſt-à-dire, à la circonférence 20, cet angle ſeroit d'un degré 20 minutes; à la ſeptiéme diviſion, ou à la circonférence 35, l'angle ſeroit d'un degré 35 minutes, & ainſi des autres, tant qu'enfin il ſoit parvenu au point N; alors ayant parcouru 60 minutes, il fera un angle de deux degrés; de ſorte, que dans la ſituation où le pendule ſe trouve préſentement, l'on voit que répondant à la ſixiéme diviſion de la diagonale, il fait avec le rayon Q P, un angle de 9 degrés, 30 minutes. J'ai crû devoir détailler ce quart de cercle, quoiqu'il n'y ait rien de ſingulier, afin qu'il pût être entendu de tout le monde.

Sur le coup d'épreuve.

Ayant fait voir dans le Diſcours ſur la Poudre, que les bombes qui étoient tirées dans les premiers coups, alloient plus loin que celles que l'on tiroit enſuite, malgré le ſentiment contraire ; il faut pour bien faire flamber le mortier trois ou quatre fois de ſuite, avec beaucoup de poudre, afin d'en échauffer l'ame, & que la portée du coup d'épreuve ſoit à peu près au point où elle ſeroit ſi on avoit tiré cinq ou ſix bombes immédiatement auparavant ; autrement le coup d'épreuve donnant une plus grande amplitude que celle des bombes que l'on tireroit après à 15 degrés, il arriveroit indubitablement que pour aller à des diſtances données, on prendroit dans les Tables les termes d'une colonne, qui ſeroient plus grands de 8 à 10 toiſes, que la diſtance où peut aller la charge dont on veut ſe ſervir ſous les mêmes degrés.

Pour plus de juſteſſe, il convient auſſi au lieu de ne tirer qu'un ſeul coup d'épreuve, d'en tirer deux, & s'ils différent ſenſiblement, ajouter les portées enſemble & prendre la moitié de leur ſomme pour la moyenne. Par exemple, je

ſuppoſe qu'à deux livres de poudre, ſans terre, le mortier pointé à 15 degrés, la bombe ait été chaſſée à 80 toiſes, on en tire une autre à la même élévation, qui n'aura été qu'à 76, il faut ajouter 80 à 76, qui font 156, dont la moitié eſt 78, & chercher dans les Tables l'épreuve qui répond à ce nombre, pour prendre dans la colonne le degré relatif à la diſtance où l'on veut tirer.

Pour pouvoir compter ſur le coup d'épreuve, il faut que le mortier pointé à 15 degrés ſoit ſolidement établi: quand ou aura connu l'angle ſous lequel on doit pointer pour aller à une diſtance propoſée, on fera enſorte que le mortier ſoit auſſi inébranlable ſous cet angle, qu'il l'étoit ſous le précédent, ce qui n'eſt pas toujours aiſé à pratiquer par je ne ſçais combien d'inconvéniens qu'on rencontre. Par exemple, les mentonnieres des affûts de fer ſont trop baſſes & n'embraſſent point aſſez le couſſinet, & ſi ce couſſinet eſt bien appuyé lorſque le mortier eſt pointé ſous un certain angle, il n'en eſt pas de même, quand on veut le pointer ſous un autre plus ouvert, parce que le couſſinet ſe jettant en avant dans le moment que l'amorce porte le feu à la charge, à cau-

ſe de l'ébranlement qui ſe fait ſur toutes les parties de la machine, la bombe part ſous un angle différent de celui ſous lequel on l'avoit dirigée. D'autre part, ſi les coins de mire ne ſont point taillés de façon à pouvoir s'ajuſter comme il faut, ils gliſſent & s'échappent de la poſition où on les avoit mis d'abord, & c'eſt ce qui arrive ordinairement quand on eſt obligé d'en mettre pluſieurs l'un ſur l'autre. Pour éviter ce défaut, on doit n'en employer qu'un ſeul, & en avoir pluſieurs différemment inclinés, afin de choiſir le plus convenable à la ſituation qu'on veut donner aux mortiers. Je ne finirois point ſi j'entreprenois de faire voir tous les dérangemens qui ſurviennent de la part des couſſinets & des coins de mire ſeulement; j'ai examiné toutes ces choſes de près & avec attention, & je ſuis obligé de dire, pour la juſtification des Bombardiers, que ſouvent il n'y a pas tant de leur faute qu'on ſe l'imagine, lorſqu'ils font de mauvais coups; mais le parti qu'ils doivent prendre, c'eſt de diſpoſer ſi bien toute choſe avant que de commencer à tirer, qu'ils puiſſent prévenir les accidens qu'on eſt à même de corriger.

Sur le choix de l'élévation du mortier, pour tirer à propos.

Il eſt bon de prévenir ceux qui ignorent la théorie du jet des bombes, que pointant un mortier avec la verticale, ou avec l'horiſon, ſi les angles ſont égaux, la bombe ira à la-même diſtance d'une maniere comme de l'autre, les portées étant les mêmes, quand le mortier eſt pointé autant au-deſſus de 45 degrés qu'au-deſſous. C'eſt-à-dire, que ſous l'angle de 50 degrés, la bombe ne va pas plus loin que ſous celui de 40, ſous 60 que ſous 30, ſous 66 que ſous 24, ainſi des autres. Mais quoique l'on puiſſe pointer indifféremment au-deſſous ou au-deſſus de 45 degrés, pour aller à la diſtance propoſée, on fera attention que lorſqu'il ſera queſtion de détruire un édifice, percer la voûte d'un magaſin, ou d'un ſouterrein, il faut prendre l'angle au-deſſous de 45 degrés, parce que les bombes s'élevant extrêmement haut, elles ont beaucoup plus de force : de même quand on tire ſur une brêche ou ſur un retranchement, parce que la bombe s'enterrant beaucoup, produit un plus grand effet quand elle vient à crever. Mais lorſqu'il s'agit de donner de l'inquiétude

tude aux troupes qui ſont dans un ouvrage, il faut pointer au deſſus de 45 degrés, parce qu'il ne convient pas que la bombe s'enterre, crainte que les éclats n'en ſoient point aſſez meurtriers; au lieu que ſi on la fait tomber, pour ainſi dire, en roulant quand on eſt à portée, elle jette la terreur & le déſordre parmi les aſſiégés.

L'on remarquera encore que les portées au deſſus de 45 degrés, quand on ſe ſert toujours de la même charge, ſont beaucoup plus égales que lorſqu'on tire au-deſſous, parce que les bombes ne s'élevant pas ſi haut à beaucoup près, ſe reſſentent moins de la réſiſtance de l'air; ſi elles ont un fort, il change peu leur direction, au lieu que dans une grande élévation, ce fort domine davantage, & détermine la bombe à ſe jetter ſenſiblement à droite ou à gauche de l'objet qu'on veut ruiner.

Sur la maniere de jetter les bombes dans les endroits qui ſont plus élevés, ou plus bas, que la batterie.

Quand on aſſiége une fortereſſe ſituée ſur une éminence beaucoup plus élevée que la batterie, il faut ſuppoſer qu'on

eſt au même niveau, & prendre l'élévation du mortier, comme à l'ordinaire, dans les Tables, relativement à la diſtance où l'on veut aller, le charger de façon que la bombe puiſſe s'élever fort haut, parce que les branches des paraboles qu'elles décriront, approchant beaucoup plus de la verticale que lorſqu'on les éleve moins, elles tomberont ſur l'objet, ſoit qu'il ſe trouve plus ou moins élevé que la batterie. Le pis aller, ſi on n'y arrivoit pas auſſi juſte qu'on le ſouhaite, on pourra en tâtonnant autour du degré que l'on aura pris dans les Tables, rencontrer au 2e ou 3e coup, l'élévation à laquelle on doit ſe fixer, d'autant plus que les Officiers & Cadets qui ont aujourd'hui la conduite des batteries de bombes, ſont également inſtruits de la théorie & de la pratique.

La ſituation la plus avantageuſe que l'on puiſſe donner aux batteries de bombes, lorſqu'on attaque une place, c'eſt de les faire ſur le prolongement du parapet intérieur de l'ouvrage que l'on veut ruiner, afin d'avoir 30, 40 & 50 toiſes d'étendue en longueur, où la bombe puiſſe également cauſer du dommage, ſoit au canon ou aux troupes qui

ſeroient derriere le parapet; au lieu que ſi les batteries ſont en face, on n'a que la largeur de la banquette & du rempart, c'eſt-à-dire, environ 5 ou 6 toiſes. Que ſi l'on manque cette largeur, les bombes tombent dedans le foſſé, ou dans le terre-plein de l'ouvrage, & par conſéquent ne font pas grand effet.

Sur les platte-formes des batteries.

Une des principales attentions pour bien jetter les bombes, eſt de faire les platte-formes les plus ſolides qu'il eſt poſſible; on en conſtruit de trois ſortes, d'horiſontales, en dos d'âne, & d'inclinées du devant au derriere de la batterie.

Les platte-formes horiſontales ne ſont pas bonnes, parce que le mortier a trop de recul & chaſſe moins loin la bombe: celles qui ſont en dos d'âne valent encore moins; car l'affût n'étant appuyé que dans le milieu, le mortier vacille & ſe releve beaucoup du devant au derriere, toutes les fois que l'on tire. Les platte-formes inclinées ſont les meilleures, on leur donne ordinairement 6 pouces de talud, mais pour les bien faire il faut avoir les attentions ſuivantes.

Pour conſtruire les platte-formes, on ſe ſert le plus ſouvent de madriers de 8 pouces en quarré, ſur 6 pieds de longueur, il faut en enterrer trois, un dans le milieu, un ſur la droite & un ſur la gauche, comme on place les lambourdes pour les platte-formes du canon, ſur leſquels on poſera ſept à huit madriers en travers; c'eſt à-dire, parallèlement à l'objet que l'on veut battre, enſorte que la ſurface de l'un affleure celle de l'autre, c'eſt pourquoi il faut avoir un Charpentier pour les bien dreſſer: quand on s'y prendra ainſi, on pourra tirer long-tems ſans être obligé de rétablir les platte-formes, qui ne s'affaiſſeront pas ſenſiblement.

Quand on a une fois poſé un mortier ſur la platte-forme, il faut prendre garde de le maintenir toujours dans la même diſpoſition; car ſi l'affût deſcend à meſure que l'on tire, les portées ſe raccourciſſent, & quand on le releve & qu'il ſe trouve plus haut qu'il n'étoit au commencement, elles deviennent beaucoup plus longues. Ce qui peut encore déranger les coups, c'eſt l'affaiſſement que prend la platte-forme, lorſqu'elle n'eſt pas bien faite, parce que le mortier a moins de chaſſe à meſure qu'elle s'affaiſſe davantage.

Il ſeroit à ſouhaiter que l'on pût donner aux platte-formes un angle d'inclinaiſon, égal à celui ſous lequel on eſt obligé de pointer le mortier, parce qu'alors l'axe du mortier ſe trouvant perpendiculaire ſur la platte-forme, le mortier ne changeroit point de ſituation; mais c'eſt ce qui ne peut point avoir lieu dans la pratique.

Sur les différences que les changemens de la poudre & de l'air peuvent cauſer dans les portées.

Quand on change de poudre, il arrive ſouvent qu'elle cauſe des différences dans les portées. Si celle d'un certain barril eſt vieille & qu'elle ſoit reſtée long-tems dans un lieu humide, ou qu'elle ait été mouillée, elle n'a pas à beaucoup près la force qu'elle devroit avoir, parce qu'une partie du ſalpêtre ſe ſera fondu & évaporé imperceptiblement, & c'eſt ce que l'on remarque à l'intérieur du tonneau où elle a été renfermée, où il paroît une eſpéce de tartre gluant: ſi la poudre a reſté long-tems dans un lieu ſec, le ſalpêtre & le ſoufre s'y conſervent bien, mais à la longue, le charbon ſe détache des autres

matieres, & ſe réduit en une pouſſiere qui n'a pas aſſez de corps pour recevoir l'impreſſion du feu, ce qui rend la poudre moins active.

Les changemens de l'air entrent auſſi pour beaucoup dans les différences qui ſurviennent aux portées, comme j'en ai fait l'expérience pluſieurs fois, puiſqu'il n'y a point de doute que toutes les autres choſes étant égales, les portées ne deviennent plus courtes pendant la grande ardeur du ſoleil, que pendant la fraîcheur du matin & du ſoir, & qu'un orage qui changeroit tout à coup l'air du chaud au froid, ne produiſe le même effet. Le ſeul reméde en pareil cas, c'eſt de corriger les portées de la maniere que je l'ai enſeigné en expliquant l'uſage de la Table.

Je pourrois encore ajouter que la même poudre chaſſera la bombe plus loin lorſque le mortier ſera dans un fond, que quand il ſera ſur un lieu fort élevé, parce que l'air étant plus condenſé dans le premier cas que dans le ſecond, le reſſort de la poudre participera indubitablement de ces différences.

Sur la combinaiſon des principales cauſes de la différence des portées.

Quand les bombes ne vont pas bien, on s'en prend ordinairement à la poudre, mais pour faire voir qu'elle n'a pas tant de part qu'on ſe l'imagine aux effets biſarres qu'on lui attribue, il n'y a qu'à faire attention aux cauſes des accidens. Par exemple, j'en ſuppoſe trois de la part des bombes, qui proviendront de la différence de leurs diamétres, de celle de leur peſanteur, ou de l'inégalité de leur épaiſſeur. Trois de la part du mortier, qui viendront des affaiſſemens de la plate-forme, du dérangement du couſſinet ou du coin de mire, & de la ſituation différente où le mortier ſe trouvera après chaque coup. Trois de la part de la terre employée en plus ou moins grande quantité, refoulée une fois plus que l'autre, ou qui ne ſera pas miſe toujours de même autour de la bombe. Enfin, trois autres qui viendront des erreurs que l'on peut faire en pointant le mortier avec le quart de cercle ordinaire, du plus ou moins d'activité dont l'amorce portera le feu à la charge, & de la différence de la charge même. Or, réduiſant les cauſes des acci-

dens aux douze précédentes, ſi l'on combine les différens effets qu'elles peuvent produire les unes par rapport aux autres, il n'eſt pas croyable, le nombre prodigieux de bombes que l'on tireroit avant qu'un coup ſe rencontrât ſemblable en tout au premier: de ſorte qu'il faudroit (ce qui eſt de toute impoſſibilité) annuller les douze cauſes que je viens de dire, pour s'aſſurer ſi effectivement, la poudre eſt la principale ſource de la différence des portées. L'objet qu'on doit donc ſe propoſer dans la pratique du jet des bombes, eſt de ſauver le plus grand nombre qu'il eſt poſſible de ces douze cauſes, afin de donner toute ſon attention à remédier à celles qui ſont inévitables.

Sur la maniere de tirer les Bombes à Ricochet.

Tout le monde ſçait que c'eſt à l'illuſtre M. *de Vauban*, que l'on eſt redevable des maximes que l'on a ſuivies dans ces derniers tems pour l'attaque des places; car, non-ſeulement ce grand homme eſt le premier qui a fait voir la maniere la plus avantageuſe de conduire & d'aſſurer les tranchées & les ſapes contre l'inſulte des aſſiégés, mais

on lui doit auſſi l'invention du ricochet, & la méthode de placer les batteries ſur le prolongement intérieur du parapet des faces des ouvrages que l'on veut ruiner, qui eſt la ſituation la plus convenable qu'on puiſſe leur donner. Par-là, l'aſſiégeant prend une ſi grande ſupériorité ſur l'ennemi, que 50 ou 60 piéces de canon dirigées à propos, en feront taire 100 & même 150; & c'eſt ce qui eſt arrivé au dernier ſiége *du Queſnoy*, en 1712. M. *de Valliere* qui y commandoit l'artillerie, plaça les batteries ſi heureuſement, que 24 heures après qu'elles eurent commencé à tirer, l'artillerie de la place, qui étoit la plus nombreuſe que l'on ait jamais vûe, ſe trouva hors de ſervice, & ne put ſe relever pendant le reſte du ſiége.

Depuis cinquante ans, que le ricochet a été imaginé, on n'en a guéres fait uſage qu'avec le canon, & il ne paroît pas qu'on ſe ſoit encore aviſé de tirer à aucun ſiége des bombes dans ce goût-là. Il eſt vrai que les ennemis ſe ſont quelquefois ſervis d'obus, auſſi-bien que nous, dans pluſieurs batailles pour jetter des bombes qui alloient en bondiſſant rouler dans des corps de troupes, auxquelles elles cauſoient beaucoup de dom-

mage ; mais il ſemble qu'on a négligé d'en faire uſage pour l'attaque des places. Cependant, comme elles pourroient y devenir très-utiles, Meſſieurs les Commandans de l'Ecole d'Artillerie de *Straſbourg*, ont fait des épreuves en 1723 ſur ce ſujet, qui ont parfaitement réuſſi, & M. *de Sabrevois* y étant alors en cette qualité, a bien voulu me communiquer ſes remarques.

Pour tirer des bombes à ricochet, on ſe ſert de mortiers de 8 pouces, montés ſur des affûts de canon, les batteries que l'on fait pour cela, ſe placent ſur le prolongement des branches du chemin couvert, ou de tout autre ouvrage ; mais principalement du chemin couvert, parce que ces bombes y font un ſi grand ravage, qu'il n'eſt preſque pas poſſible de pouvoir y tenir ; elles rompent les paliſſades, les tambours & réduits que l'on fait dans les places d'armes rentrantes, & cauſent bien plus de déſordre que les boulets ; car, non-ſeulement elles ſont plus groſſes & plus peſantes, mais après avoir fait pluſieurs bonds, elles crevent à l'endroit où elles viennent ſe terminer, & ne s'enterrant point, leurs éclats ſont toujours fort meurtriers. D'autre part, ces mortiers peuvent être ſervis avec

bien plus de célérité que le canon; car il n'eſt queſtion que de mettre la poudre dans la chambre, la bombe deſſus, & tirer; & comme cela ſe peut faire en trois ou quatre minutes, une batterie de deux mortiers, ſervis de cette façon, pourra jetter 30 ou 40 bombes par heure. Or, je laiſſe à penſer ſi un chemin couvert étoit croiſé par de ſemblables batteries, quelle eſt la Garniſon qui pourroit s'y maintenir, l'avantage qu'on auroit de l'attaquer de vive force, & combien on auroit de facilité pour avancer les travaux.

Les batteries pour ce ricochet, ſe conſtruiſent comme celles de canon, à l'exception des embrâſures dont la pente eſt dirigée d'un ſens oppoſé à l'uſage ordinaire; car ici, cette pente commence du ſommet extérieur du parapet, & vient ſe terminer à la hauteur des genouilleres ſur deux pieds d'ouverture intérieurement & de cinq par dehors, de ſorte que l'on peut manœuvrer derriere l'épaulement, ſans que la mouſqueterie de la place puiſſer enfiler les embrâſures.

La principale attention qu'il faut avoir pour tirer les bombes à ricochet, eſt de bien régler la charge & l'élévation qu'il

convient de donner au mortier ; pour cela, il faut le pointer avec la ligne horiſontale & non avec la verticale, ce qui fait qu'on ne peut lui donner moins de 8 degrés, parce que ſous cet angle le mortier eſt couché ſur l'entre-toiſe du devant de l'affût ; mais diminuant la charge, l'on pourra jetter la bombe ſi près que l'on voudra. Comme il faut éviter que les bombes en tombant s'enterrent, parce qu'elles ne feroient point le ricochet, les mortiers ne doivent jamais être pointés au-deſſus de 12 degrés, mais l'on peut ſe ſervir de tous les angles que le mortier peut faire avec l'horiſon entre 8 & 12 degrés, & choiſir le plus convenable à la charge dont on ſe ſervira, relativement à la diſtance où l'on ſera de l'endroit où les bombes doivent commencer à bondir, & c'eſt ce que l'on pourra connoître en ſe réglant ſur les épreuves qui ont été faites à *Straſbourg*, dont voici le précis.

On a conſtruit une batterie à 70 toiſes de l'angle ſaillant du chemin couvert de la demi-lune du polygone de cette Ecole, un mortier pointé à 9 degrés, au-deſſus de la ligne horiſontale & chargé à trois quaterons de poudre, a porté les bombes ſur le glacis à 2, 4, 6, 8

toiſes du parapet du chemin couvert, d'où elles ſe relevoient & alloient plonger dans la branche entre les deux traverſes, & de-là dans la place d'armes rentrante, contre un petit réduit qu'on y avoit fait.

L'on a pointé enſuite à 10 degrés avec la même charge, & après cinq à ſix coups répétés de cette maniere, l'on a obſervé que les bombes tomboient dans la place d'armes ſaillante, d'où elles ſe relevoient, & alloient plonger comme les précédentes, dans la branche entre les deux traverſes, & de-là, dans la place d'armes rentrante. Enfin, on a pointé le mortier à 11 degrés, toujours avec la même charge, & après cinq à ſix coups réitérés, on a obſervé que les bombes tomboient encore dans la branche, enrre les deux traverſes, d'où elles ſe relevoient, & alloient paſſer par-deſſus le reſte du chemin couvert; ce qui a fait conclurre, que la maniere la plus avantageuſe & la plus convenable de faire agir ce ricochet, étoit de ménager la direction du mortier, de ſorte que les bombes puiſſent tomber ſur la crête du chemin couvert, ou dans la place d'armes ſaillante, moyennant quoi elles faiſoient toujours un grand effet.

On a éprouvé ſi la fuſée ne s'éteindroit point, ſoit par la chûte des bombes, ou le frottement du ricochet en roulant ; pour cela, on en a fait tirer pluſieurs avec des fuſées allumées, qui ont toutes réuſſi, ayant été entiérement conſumées.

Pour connoître toutes les diſtances où pouvoit aller ce ricochet, on a fait d'autres épreuves dans une plaine bien unie ; & ſur les obſervations les plus exactes, on a dreſſé la Table ſuivante, dont voici l'explication.

La premiere colonne ſur la gauche, marque la charge ; la ſeconde, les degrés pour l'élévation du mortier ; la troiſiéme, la chûte de la bombe, ou pour mieux dire, ſa premiere parabole ; la quatriéme, le ricochet ou les différens bonds que la bombe fait, ce que l'on voit par la ſéparation des chiffres, qui montrent à quelle diſtance les bonds ſe ſont faits ; remarquant que les derniers nombres de cette colonne, expriment de combien la bombe a roulé ſans faire de bond ; la cinquiéme, les diſtances ou portées des mortiers ; & la ſixiéme, la hauteur de la premiere chûte, ou la premiere parabole.

TABLE

Des épreuves faites sur les Bombes tirées à ricochets.

Charge	Degrés.	Chûtes.	Ricochets.	Distance.	Hauteur.
		toises.	toi. toi. toi.	toises.	toi. pi. pou.
A 1 l. ½ de poudre.	10.	250.	25 12 10	297.	11. 0. 0.
	8.	212.	53 15 10	297.	7. 2. 6.
	12.	125.	40 20 60	245.	6. 4. 6.
	15.	290.	0 0 0	290.	19. 2. 6.
	18.	290.	0 0 0	290.	23. 3. 0.
	20.	350.	0 0 0	350.	31. 5. 0.
	22.	425.	0 0 0	425.	42. 5. 6.
A 1 l. de poudre.	8.	140.	30 13 22 25	240.	4. 5. 6.
	10.	160.	10 15 10	195.	7. 0. 6.
	12.	140.	15 39 0	194.	7. 2. 6.
	15.	165.	10 0 0	175.	11. 0. 6.
A ¾ l. de poudre.	8.	55.	25 20 50	150.	1. 5. 6.
	10.	70.	20 15 35	140.	3. 2. 2.
	12.	90.	30 30 0	150.	4. 5. 4. ½
	15.	135.	20 0 0	155.	9. 0. 2.
A ½ l. de poudre.	8.	40.	15 45	100.	1. 2. 5.
	10.	40.	15 20	75.	1. 4. 6. ½
	12.	52.	10 42	104.	2. 2. 1.
	15.	60.	15 0 0	75.	3. 5. 10. ½

NOUVELLE THEORIE

Sur la Science des Mines propres à la guerre, fondée ſur un grand nombre d'Expériences.

Par M. BELIDOR.

LES contradictions que l'on s'expoſe à eſſuyer, quand on produit quelques opinions nouvelles & oppoſées à celles que d'anciens préjugés ont établies, ne m'auroient pas permis de mettre ce Mémoire au jour, ſi je ne m'étois flatté que ceux qui voudront le lire d'un eſprit déſintéreſſé, y appercevroient des vûes de la plus grande importance, puiſqu'il s'agit d'un ſyſtême général ſur l'uſage des mines, par lequel on pourra avec plus de ſuccès que jamais ſe conduire dans les différentes opérations qu'on aura deſſein d'exécuter. Pour qu'on ait quelque confiance aux choſes que je vais décrire, il eſt à propos que je prévienne qu'on a fait un grand nombre d'épreuves pour voir ſi elles ſeroient d'accord avec mes

principes, & qu'elles ont toutes répondu à ce que je m'en étois promis.

I.

Avant que d'entrer en matiere, on ſaura que le principal objet de ce Mémoire eſt de prouver qu'on ne doit point regarder comme un principe certain, que *le diametre du grand cercle de l'entonnoir d'une mine ſoit toujours double de la ligne de moindre réſiſtance*, comme on l'a prétendu juſqu'ici, puiſque cela ne peut arriver que dans un ſeul cas, lorſque la mine ſera chargée d'une certaine quantité de poudre déterminée. De plus, que c'eſt une erreur de croire qu'une mine étant chargée beaucoup au-delà de ce qu'elle devroit l'être naturellement, ne fait qu'un trou, ou puits, dont l'ouverture ſupérieure n'eſt guères plus grande que la chambre où étoit la poudre, ainſi que le rapportent ceux qui ont fait les expériences de Tournai, & comme on l'a voulu démontrer depuis dans les Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1707, puiſqu'il doit arriver tout le contraire. Je puis même aſſurer que l'on fera, quand on le jugera néceſſaire, des mines dont le diametre du grand cercle ſera non-ſeulement double de la ligne de

moindre réſiſtance, mais triple, quadruple, quintuple, & même ſextuple, par conſéquent des entonnoirs plus grands qu'à l'ordinaire, dans la raiſon que les carrés des nombres 3, 4, 5, 6, ſont plus grands que celui du nombre 2; c'eſt-à-dire, par exemple, qu'ayant une mine dont la ligne de moindre réſiſtance ſeroit de dix pieds, ou pourra faire enſorte que le diametre de ſon grand cercle en ait ſoixante, ce qui donne une capacité neuf fois plus grande que de coutume, ſans qu'il ſoit beſoin d'avoir recours à d'autre myſtere que d'augmenter la poudre ſelon certains rapports dont je ferai mention dans la ſuite. Enfin je démontrerai par des raiſons inconteſtables, quelle doit être la figure de l'entonnoir d'une mine.

Comme pour bien juger des effets de la nature, il faut l'étudier en elle-même & dans ſes principes, oublions pour un moment qu'il y ait jamais eu de mines dans le monde, afin que dégagé de toute prévention, l'on ſoit mieux diſpoſé à me ſuivre. Les phénomenes les plus ſurprenans ſont toujours produits par des cauſes extrêmement ſimples: s'il arrive quelquefois qu'on ſoit fort long-temps ſans les connoître, c'eſt qu'on s'y prend mal; on veut y trouver des choſes qui n'y ſont pas, &

on laiſſe échapper celles qui y ſont effectivement ; les uns en veulent juger par de ſimples apparences, les autres prétendent y découvrir un merveilleux qui tient l'eſprit en ſuſpens, ſans qu'il ſoit plus éclairé après de longues recherches qu'au commencement.

II.

Si l'on imagine un globe ABCD, de trente toiſes de diametre, compoſé de terre vierge & homogene dans toutes ſes parties, & qu'au centre de ce globe il y ait un fourneau rempli de poudre, capable ſeulement de certain effet fort au-deſſous de celui qu'il faudroit pour le détruire, il eſt évident qu'en y mettant le feu, par quelque moyen que ce ſoit, la poudre agira de toutes parts à la ronde pour écarter ce qui lui ſera obſtacle. Comme les parties de la terre ſont naturellement poreuſes, à meſure que la poudre s'enflammera, elles ſe comprimeront les unes contre les autres, & la capacité du fourneau s'augmentera à proportion qu'il s'en ſera enflammé une plus grande quantité. La poudre cependant n'aura pû écarter toutes les parties de terre qui environnoient le fourneau, ſans imprimer un certain degré de mouvement aux autres Plan. IV. Fig. 1.

qui ſont après : celles-ci choqueront celles qui leur ſont contigues, & les dernieres leurs voiſines, de façon que le mouvement ſe communiquera de toutes parts. Mais comme toutes ces parties de terre perdront de leur mouvement à meſure qu'elles le communiqueront, il y aura un terme où l'effort de la poudre ne ſera plus capable d'une impreſſion ſenſible ſur les parties éloignées. Car on peut regarder les nuances de la figure, comme exprimant les différens degrés de force de la poudre, qui vont toujours en diminuant, à meſure qu'elle agit à une plus grande diſtance du fourneau, & les terres qui en auront reçu l'impulſion compoſeront un globe F F, dont la ſurface déterminera le terme où aura fini l'action de la poudre. Comme il nous arrivera de faire ſouvent mention de ce globe, nous le nommerons à l'avenir *Globe de compreſſion.*

Fig. 1. Venant de ſuppoſer que l'action de la poudre s'étoit terminée à la ſurface F F du globe de compreſſion, il eſt à préſumer que toutes les terres qui ſe trouveront au-delà ſeront à peu près dans le même état où elles étoient auparavant, ſans qu'il leur ſoit arrivé de changement remarquable, puiſqu'autrement il fau-

droit que l'impulſion eût paſſé le terme que nous lui avons ſuppoſé. Ainſi, il y a toute apparence que quand il n'y auroit qu'un médiocre intervalle entre la ſurface du globe de compreſſion & celle de la ſphere A B C D, cette derniere demeurera preſqu'auſſi entiere que s'il ne s'étoit rien paſſé au centre, puiſqu'elle ne peut être ébranlée que les parties qui ſont immédiatement au-deſſous, ne lui ayent communiqué de leur mouvement; & comme on a ſuppoſé qu'elle n'en avoit pas reçu, il n'y a donc point de raiſon pour que cette ſurface ait ſouffert d'altération. On penſera peut-être que ſi le rayon E A du globe A B C D, ne ſurpaſſoit le rayon E F de celui de compreſſion que de dix à douze pieds ſeulement, il ſeroit bien étrange que la poudre ait agi juſqu'en F F ſans cauſer un grand dérangement dans les parties qui ſont au-delà, principalement à la ſurface; c'eſt pourquoi il eſt à propos de ne pas paſſer légérement ſur cet article, qui deviendra de conſéquence par la ſuite.

III.

Pour rendre la choſe plus ſenſible, nous ſuppoſerons que le rayon du globe de compreſſion eſt de dix toiſes, & celui

du globe ABCD de douze ; la ſolidité de ces deux globes étant dans la raiſon des cubes de leurs rayons, c'eſt-à-dire, comme 1000 eſt à 1728, on voit que la maſſe qui fait la différence de ces deux globes ſe trouve valoir près des trois quarts de celle du globe de compreſſion. Si l'action de la poudre, ſuivant notre ſuppoſition, a ſuffi à peine pour agir juſqu'à la circonférence FF, comment ſeroit-il poſſible qu'elle pût ébranler les parties de la maſſe qui ſe trouve au-delà ? Car ſi l'on admet pour un moment que les effets ſoient proportionnés à leur cauſe, il eſt très-vraiſemblable que quand il faudra 10000 livres de poudre pour former un globe de compreſſion capable du rayon EF, il en faudra 17280 pour un autre globe de compreſſion capable du rayon EA, c'eſt-à-dire, 7280 livres de plus, qui eſt un objet conſidérable. Ainſi il ne faut pas juger de la maſſe que le grand globe a de plus que le petit, par le peu de diſtance qui ſe trouve entre leur ſurface.

On peut donc conclurre qu'ayant deux globes de terre inégaux, au centre deſquels il y ait une certaine quantité de poudre au-deſſous de celle qu'il faudroit pour que l'impulſion fût juſqu'à leur ſur-

face, ſi ces globes ſont compoſés de parties homogenes, les charges ſeront dans la raiſon des cubes des rayons des globes de compreſſion; & que ſi des deux globes de terre, il y en a un dont les parties ayent plus ou moins de ténacité que celles de l'autre, les charges ſeront dans la raiſon compoſée des cubes des rayons des globes de compreſſion, & de la ténacité qui ſe trouvera de part & d'autre.

IV.

Il eſt conſtant que plus la charge ſera conſidérable, & plus le rayon du globe de compreſſion ſera grand, puiſque la poudre mettra un plus grand nombre de parties en mouvement; de ſorte que ſi le rayon du globe de compreſſion devenoit égal à celui de la maſſe des terres, le mouvement ſe ſeroit communiqué ſucceſſivement depuis le centre juſqu'à la ſurface. Pour lors, elle ſe diviſera de tous côtés par une infinité de gerçures qui laiſſeront à l'air intérieur, ou, ſi l'on veut, à la fumée de la poudre, la liberté de ſe dilater & de ſortir en vapeur épaiſſe, comme on le remarque dans l'effet des mines qui n'ont point été aſſez chargées.

Mais ſi la charge étoit capable d'un globe de compreſſion beaucoup plus grand

que le globe ſuppoſé, pour lors l'impulſion pouvant non-ſeulement ébranler la ſurface de ce dernier, mais encore les parties de terre qui ſe trouveroient au-delà, ſi ce globe étoit plus grand que je ne le ſuppoſe, les parties de la ſurface ſeront écartées à la ronde, & les autres qui ſont au-deſſous ne trouvant plus d'obſtacle qui les arrête, ſeront auſſi chaſſées loin du centre ſelon des directions qui ſuivront celles des rayons, tant qu'enfin le globe ſoit entiérement détruit. Avant que cette deſtruction arrive, il faut néceſſairement que les parties de la ſurface cedent les premieres, ſans quoi il eſt impoſſible à celles qui ſont vers le centre de s'échapper. Cette circonſtance naturelle aura ſon utilité par la ſuite.

Si l'on conſidére que la poudre, à meſure qu'elle s'enflamme, acquiert de nouveaux degrés de force qui augmentent dans la raiſon des cubes des inſtans écoulés depuis le commencement de l'inflammation, l'on appercevra, relativement à l'article précédent, qu'il y a un moment où il ſe trouve une certaine quantité de poudre enflammée ſuffiſante pour former un globe de compreſſion égal au globe de terre même, & que par conſéquent la force de cette quantité ſera

à la force que toute la poudre aura acquiſe au dernier inſtant de ſon inflammation, comme le cube du rayon d'un globe de terre eſt au cube du rayon d'un globe de compreſſion dont toute la poudre auroit été capable. Or comme celui-ci ſera plus grand que le précédent, on voit que la différence des cubes des rayons de ces deux globes peut exprimer la force avec laquelle la poudre a chaſſé toutes les parties du globe de terre, après les avoir détachées.

V.

Les principes qu'on vient d'établir ſont ſi naturels, que je ne crois pas qu'on puiſſe les conteſter ; car on conviendra que la poudre venant à s'enflammer au centre d'un globe de terre dont les parties ſont homogenes, ſon effort doit ſe partager également de tous côtés, comme je l'ai dit dans l'article premier ; & l'expérience, qui ne dément jamais les vérités clairement connues, a fait remarquer pluſieurs fois dans l'uſage des mines la certitude de ce que je viens de dire, puiſque des galeries qui étoient éloignées des fourneaux au-delà de la ligne de moindre réſiſtance ont été crevées ; ce qui prouve bien qu'avant que de prendre

ſon eſſor du côté le plus foible, la poudre eſt un temps ſans le connoître, pendant lequel elle ſonde, pour ainſi dire, tout autour du fourneau pour trouver l'endroit par lequel elle pourra mieux s'échapper. Car il eſt hors de doute que ſi elle en trouvoit un plutôt vers le fond, ou vers les côtés, que vers le ciel, elle ne s'y déterminât, comme cela eſt arrivé pluſieurs fois à des mines qui n'ont pas agi du côté qu'on ſe l'étoit propoſé (quoiqu'elles euſſent été chargées ſuffiſamment) parce qu'il s'eſt rencontré des chambres dans leur voiſinage, qui étoient moins éloignées du centre du fourneau que de l'extrêmité de la ligne de moindre réſiſtance.

J'ajouterai, pour montrer combien la poudre agit violemment de tous côtés, que ſi l'on a deux fourneaux ſurchargés, éloignés l'un de l'autre de vingt-huit ou trente pieds, ſur un même plan, dont la ligne de moindre réſiſtance ſoit de vingt-deux à vingt-trois pieds, prenant feu en même temps, ils formeront enſemble un grand entonnoir, dont l'ouverture ſera de figure elliptique, ſans qu'il paroiſſe au fond aucune ſéparation, parce que les deux globes de compreſſion venant à ſe croiſer, concourent enſemble à enlever

la maſſe qui ſéparoit les deux fourneaux, & c'eſt ce qui eſt arrivé à des mines que nous avons fait jouer, qui avoient les mêmes dimenſions que celles que je viens de citer; & comme elles étoient pratiquées dans du moëllon, on peut juger combien la poudre a dû pénétrer avec force pour enlever une maſſe auſſi conſidérable que celle qui les ſéparoit. Je ne finirois jamais, ſi je voulois rapporter les raiſons & les expériences qui prouvent que la poudre enflammée dans la terre forme un globe de compreſſion, & j'en aurois même moins dit, ſi je n'avois cru qu'il étoit eſſentiel de bien établir ce principe.

V I.

Pour appliquer ce que l'on vient de voir à l'effet des mines, nous ſuppoſerons que la ligne H G, exprime l'horiſon, que les terres ſont parfaitement homogenes, & qu'à l'endroit A il y a un fourneau capable d'un globe de compreſſion incomparablement plus grand que celui qui auroit pour rayon la ligne de moindre réſiſtance A C. Nous ſuppoſerons auſſi que le temps que la poudre mettra à s'enflammer totalement eſt diviſé en cinq inſtans égaux. Si dans le premier inſtant Plan. IV. Fig. 2.

elle forme un globe de compreſſion dont A B ſoit le rayon, il eſt évident qu'à la fin du ſecond inſtant elle en formera un autre beaucoup plus grand; & ſi celui-ci a ſon rayon égal à la ligne de moindre réſiſtance A C, l'impulſion étant parvenue juſqu'à la circonférence C N L R, ſera ſur le point de connoître le plus foible, & par conſéquent d'agir de ce côté-là. Alors, s'il ne ſe trouve pas ſur l horiſon d'obſtacle à ſurmonter, une partie de la ſurface de la terre qui regne autour du point C, ſera chaſſée en l'air; les terres qui ſont au-deſſous ſuivront les premieres, & laiſſeront aux autres plus baſſes la liberté de s'échapper; & le ciel du fourneau ſe trouvant moins chargé qu'auparavant, cédera à l'effort de la poudre, qui trouvant de ce côté-là beaucoup moins de réſiſtance qu'ailleurs, s'y déterminera abſolument, ſans s'arrêter davantage à pénétrer les terres pour augmenter le globe de compreſſion, & continuant à s'enflammer à meſure que le ciel du fourneau fuit, elle ſe dilatera le long de la ligne de moindre réſiſtance A C, ſans cauſer d'autre effet qu'une eſpéce de puits S V X T, un peu plus large en haut qu'en bas. Car autrement, il faudroit qu'en ſuivant cette ligne elle s'inſinuât toujours de plus en

plus dans les terres pour les détacher, à meſure qu'elle approche de l'horiſon, ce qui ne paroît pas naturel, pouvant s'échapper par le chemin le plus court & le plus facile, & qu'elle ſuivra avec d'autant plus de célérité qu'il y en aura une plus grande quantité enflammée.

Selon ce raiſonnement, il ſemble qu'une mine ne devroit faire qu'un puits, & non pas un entonnoir; du moins c'eſt la premiere idée qui ſe préſente, quand on raiſonne ſur l'effet que devroit produire la poudre renfermée dans la terre, & je puis dire que c'eſt toujours à ce point que je me ſuis trouvé arrêté depuis que j'ai commencé à avoir quelque connoiſſance des mines. Toutes celles que je voyois jouer me montroient en vain le contraire, je n'étois point ſatisfait; je voulois ſavoir pourquoi l'entonnoir d'une mine étoit beaucoup plus large en haut qu'en bas, perſonne juſqu'ici n'en ayant donné la raiſon. Mais il ſemble qu'une eſpéce de fatalité veut qu'en tout genre les idées les plus naturelles ne ſoient pas celles qui ſe préſentent les plus naturellement, puiſque la cauſe dont il s'agit eſt des plus ſimples.

VII.

Plan. IV. Fig. 2.

S'il y avoit ſur la ſurface de la terre une certaine matiere fluide d'un poids conſidérable, comme de l'eau, par exemple, également répandue de toutes parts à la hauteur de trente pieds, la force que la poudre acquérera immédiatement après avoir formé le globe de compreſſion CNLR, ne trouvera pas la même facilité à enlever le ciel du fourneau, que s'il n'y avoit ſimplement que les terres qui répondent à la ligne de moindre réſiſtance, puiſqu'ayant à ſurmonter un poids bien plus conſidérable, elle pénétrera plus avant qu'elle n'a fait juſqu'ici les environs du fourneau, & pourra former un globe de compreſſion DPEM, beaucoup plus grand que le précédent; ce que je ſuppoſe arriver dans le troiſieme inſtant, & pour lors la ſurface de la terre, de plane qu'elle étoit deviendra convexe, & cauſera le monticule DPE qui ſera un ſegment de ſphere, comme j'en ai été convaincu par une expérience dont je ferai mention ci-après. Ce monticule n'aura pû s'élever qu'avec bien de la peine, à cauſe du fluide que nous avons ſuppoſé couvrir la ſurface de la terre, qu'elle n'aura fait que commencer à vaincre, parce que

que la poudre dans ce moment n'aura pas encore atteint la force qu'il lui faut pour le ſurmonter entiérement. Mais ſi continuant de s'enflammer elle acquiert dans le quatriéme inſtant une nouvelle impulſion qui la mette en équilibre avec le poids des terres, & celui du fluide, elle aggrandira tout de nouveau le globe de compreſſion, par conſéquent le monticule, qui formera le ſegment HQG, & s'enflammant toujours de plus en plus, elle prendra l'avantage ſur la réſiſtance qu'elle a trouvée juſqu'ici, ce que je ſuppoſe arriver dans le cinquiéme & dernier inſtant. Alors toutes les terres qu'elle a détachées ſeront chaſſées avec d'autant plus de violence, qu'on ſait que la poudre qui s'enflamme dans le dernier inſtant eſt en bien plus grande quantité, ſans comparaiſon, que celle qui agit dans les inſtans précédens.

Ce que je viens de ſuppoſer, n'aura rien d'extraordinaire, ſi l'on fait réflexion qu'il arrive ſouvent dans la nature de ſemblables phénomenes. Les iſles qui environnent celle de Santorin, & qui ſont ſorties du ſein de la mer pour s'élever au-deſſus de la ſurface des eaux, dans un endroit où elles avoient plus de ſoixante braſſes de profondeur, n'auroient pas été à beau-

coup près ſi grandes, ſi l'air raréfié par les feux ſouterreins n'avoit eu à ſurmonter que le poids des terres, comme ſi cela ſe fût paſſé en pleine campagne, ſans qu'il y eût eu encore un poids étranger à vaincre. Mais ne perdons point de vûe notre ſujet, & conſidérons que la poudre a effectivement quelque choſe de plus que la réſiſtance des terres à ſurmonter, c'eſt-à-dire, le poids de l'atmoſphere, qui, tout inſenſible qu'il paroît, eſt la principale cauſe que la poudre forme un globe de compreſſion beaucoup plus grand que celui qui auroit pour rayon la ligne de moindre réſiſtance. Car comme une colonne d'air d'un pied carré de baſe peſe 2232 livres, on peut juger quel poids immenſe la poudre eſt obligée de ſurmonter, indépendamment de celui des terres, pour s'élever au-deſſus de l'horiſon; puiſque ſi le plus grand globe de compreſſion ZQGK répondoit à l'horiſon par un cercle HG, de quarante pieds de diamétre, il ſerviroit de baſe à une colonne d'air de 2266368 livres, dont la réſiſtance ſe fera bien ſentir dans le moment que la ſurface de la terre voudra s'élever. Auſſi remarque-t-on que l'effet d'une mine agit en deux temps : d'abord on voit la ſurface de la terre s'enfler aſſez doucement pour

être apperçue, & peu après elle eſt chaſſée avec violence, parce que c'eſt dans ce moment que la plus grande quantité de poudre acheve de s'enflammer, & réunit tous ſes effets vers le ciel pour n'agir plus que de ce côté-là.

Mais, dira-t-on, comment eſt-il poſſible que l'air puiſſe cauſer tant d'obſtacles? J'avoue qu'on a peine à ſe l'imaginer, quand on n'eſt point prévenu des choſes extraordinaires dont il eſt capable: cependant ceci n'eſt pas plus ſurprenant que ce qui arrive à un ſoufflet dont on veut ſéparer les aîles après en avoir bien bouché le canon & le trou de la ſoupape, on trouve une très-grande réſiſtance pour les éloigner l'une de l'autre.

VIII.

On ſait que le poids de l'atmoſphere eſt égal à celui d'une colonne d'eau de même baſe, & qui auroit environ trente-deux pieds de hauteur, dont le pied cube peſe 70 livres, & que celui du ſable ordinaire peſe 120 livres. Voulant par penſée ſubſtituer cette matiere à la place de 32 pieds de hauteur d'eau, je conſidére que pour être en équilibre, il faut que la hauteur de l'eau & celle du ſable ſoient en raiſon réciproque des peſanteurs ſpé-

ciſiques de ces matieres, c'eſt-à-dire ; qu'il y ait même raiſon d'un pied cube de ſable à un pied cube d'eau, que de la hauteur de l'eau à celle du ſable, & l'on trouvera que la hauteur du ſable doit être à peu près de 20 pieds. Ainſi l'on peut ſuppoſer que la ſurface de la terre eſt couverte d'un lit de ſable de 20 pieds d'épaiſſeur, alors on pourra faire abſtraction du poids de l'air.

Plan. IV. Fig. 3. En ſuivant cette idée, nous imaginerons que la ligne B A marque la ſurface du lit de ſable dont celle de la terre eſt couverte, & qu'on a pratiqué un fourneau en C; alors, quand il y aura une quantité ſuffiſante de poudre enflammée pour produire un globe de compreſſion dont le rayon ſoit égal à la ligne de moindre réſiſtance C D, tous les autres globes qui ſe formeront enſuite, ne ſeront plus réguliérement ronds, parce que la compreſſion des terres s'étendra moins vers le fond que vers les côtés, la terre n'étant ſuſceptible que d'une compreſſion limitée. Ainſi les rayons qui ſont au-deſſous du fourneau, comme C E, C F, C G, &c. iront toujours en diminuant de moins en moins, au contraire de ceux qui leur ſont directement oppoſés, comme C H, C I, C K, &c. parce que la poudre ayant ſenti

le foible du côté du ciel, les terres commenceront à ſe ſoulever tant ſoit peu, & formeront la naiſſance d'un monticule, lequel ira toujours en croiſſant à meſure que la poudre acquérera de nouveaux degrés de force, tant qu'enfin ayant atteint la plus grande étendue qu'elle puiſſe donner au globe de compreſſion RQPS, elle ſe déterminera du côté où elle ne trouvera plus d'obſtacle : cependant cela n'empêche pas qu'on ne puiſſe regarder le globe LMNO comme régulier.

Je crois avoir ſuffiſamment prouvé que la poudre qui s'enflamme dans le fourneau d'une mine, agit ſelon des rayons qui ſuivent à peu près ceux d'un globe; ainſi il n'en faut pas davantage pour voir que quand la ſurface de la terre aura formé un monticule, toutes les parties qui ſont depuis le centre juſqu'à la ſurface compoſeront un ſecteur de ſphere. Du moins on peut ſe prêter à cette ſuppoſition dans la pratique, avec d'autant plus de raiſon, qu'ayant fait faire pluſieurs fourneaux à 15 pieds de ligne de moindre réſiſtance, les uns chargés avec plus de poudre qu'il n'en falloit naturellement, & les autres avec beaucoup moins, il eſt arrivé qu'un de ces fourneaux, où il y avoit 90 livres de poudre, ne fit que fou-

lever les terres, & forma un monticule
Fig. 6. BEA bien régulier, ayant 3 pieds de hauteur dans le milieu & 20 de diamétre. Pour juger ſi ce monticule étoit un ſecteur du globe de compreſſion, je conſidérai qu'il falloit que le rayon BD du cercle qui ſervoit de baſe au monticule, ſe trouvât moyenne proportionnelle entre les parties ED & DI du diamétre EI; & comme la ligne de moindre réſiſtance CD étoit de 15 pieds, le rayon CE ſe trouva de 18 pieds : ainſi DI étant de 30 pieds, & DE de trois, j'apperçus qu'effectivement multipliant ces deux nombres l'un par l'autre, ils donnoient 99 pieds pour le produit, qui eſt à une unité près égal au carré du rayon DA; de ſorte que ſi la hauteur ED du monticule avoit eu 4 lignes de plus, le carré de la ligne DA ſe ſeroit trouvé exactement égal au rectangle des parties du diamétre.

IX.

Fig. 4. Pour achever ce qui me reſte à dire ſur la figure de l'entonnoir, remarquez que ſi la poudre, après avoir formé le ſecteur CDAB, continue à s'enflammer, elle chaſſera en dehors tout ce qui compoſe ce ſecteur, ſelon des directions

qui ſuivront celle des rayons. C'eſt ce qu'on apperçoit quand une mine joue ; les terres qui répondent à la ligne de moindre réſiſtance s'élevent bien plus haut que celles qui approchent davantage de la circonférence de l'entonnoir, & ce ſont ces différens degrés de vîteſſe, joints aux différentes obliquités des rayons, qui font que les terres ſont chaſſées à la ronde à différentes diſtances, où elles forment une quantité de cercles concentriques.

Puiſque la maſſe C D A B eſt un ſecteur de ſphere qui n'a changé de figure qu'à cauſe que ſes parties ont été un peu écartées les unes des autres, ce n'eſt donc pas ſans fondement qu'on a cru que l'excavation d'une mine reſſembloit à un cône ; cependant l'expérience montre ſenſiblement que l'entonnoir forme plutôt un cône tronqué que toute autre figure, comme en effet c'en eſt un. Plan. IV. Fig. 4.

Quand le cône C B A eſt entiérement détaché, & qu'il commence à ſe ſoulever tant ſoit peu, toutes les terres qui répondent à la ſurface I L K du fourneau ſont miſes en action par la poudre, qui en ayant pénétré les pores, ne cherche qu'à s'échapper. Or, dès qu'elle trouve la moindre iſſue, elle chaſſe tout ce qui eſt

de ce côté-là, quand bien même le foible qui ſurviendroit ne ſeroit pas dans la direction qu'elle devroit naturellement ſuivre ; ainſi, quand les côtés IE & KF commencent à être ſoulagés du poids de toute la maſſe CBA, à l'inſtant ces mêmes côtés ſont écartés par l'effort de la poudre. Comme elle agit avec plus de force vers les endroits IG & KH, que vers N & O, du côté deſquels elle va toujours en diminuant, elle détachera beaucoup plus de parties, à proportion, en bas qu'en haut. D'ailleurs, comme dans le moment que la maſſe CBA commence à fuir, il reſte encore une grande quantité de poudre à s'enflammer, il en réſulte un déblai total, dont le vuide eſt un cône tronqué FHLGE un peu arrondi par le fond, mais qui ne paroît pas tout-à-fait de même après que la mine a joué, parce que les terres qui retombent comblent le fond de l'entonnoir.

Ceux qui ont penſé les premiers que l'entonnoir étoit un cône tronqué, mais ſans démonſtration, ayant vû en déblayant une partie des terres qui étoient retombées, qu'à la profondeur de la ligne de moindre réſiſtance il y avoit un eſpace RQ aſſez conſidérable, ont dit que l'excavation pouvoit s'exprimer par un cône

tronqué DCBA, (*fig.* 5) dont le petit cercle CB répondoit au plan du fourneau, ſans faire mention d'aucune concavité au-deſſous, comme ſi la terre de ce côté-là étoit inébranlable ; & pour rendre la choſe plus merveilleuſe, ils ont donné pour régle générale que le rayon EA étoit égal à la ligne de moindre réſiſtance EF, & que FB n'en étoit que la moitié ; de ſorte que, ſelon eux, les lignes EA, DE, EF & CB, devoient être égales. Mais quoique l'entonnoir ſoit un cône tronqué, ainſi que je viens de le prouver, je ſuis bien éloigné de croire que la poudre ſoit aſſujettie à toutes ces circonſtances, puiſque ſa grandeur par le fond dépendra toujours du plus ou moins de poudre dont le fourneau ſera chargé ; ce qui déterminera la grandeur du diamétre du globe de compreſſion, par conſéquent celui du cône tronqué par le fond. Fig. 5

Au reſte, je ne prétends pas blâmer ceux qui ont compté là-deſſus ; je trouve plutôt qu'ils ont eu raiſon de déterminer les dimenſions du cône tronqué ainſi qu'ils l'ont fait, ſur-tout dans un temps où l'on n'y prenoit pas garde de ſi près. Cela n'a pas empêché que les mines n'ayent fait ce qu'elles devoient faire dans les occaſions ; au contraire, cette erreur

a eu ſon mérite ; puiſque ſuppoſant le cône tronqué plus grand qu'il n'étoit effectivement, les fourneaux ſe trouvoient chargés un peu plus qu'on ne croyoit, & cauſoient un plus grand déblai, lorſqu'il étoit queſtion d'établir un logement ſur l'angle d'un chemin couvert, ou ailleurs.

X.

Fig. 4. On peut conclurre de tout ce qui précéde, que plus il y a de poudre dans une mine, plus le globe de compreſſion eſt grand, de même que les entonnoirs ; par conſéquent ce n'eſt point la ligne de moindre réſiſtance qui détermine leur grandeur, mais bien le rayon du globe de compreſſion, c'eſt-à-dire, le côté CB du cône CBA que la poudre commence à former avant que d'enlever le cône tronqué. En effet, comme une même ligne de moindre réſiſtance peut appartenir à une infinité de fourneaux plus ou moins chargés, par conſéquent à une infinité de globes de compreſſion de différentes grandeurs, il faut de néceſſité que ces globes étant coupés par le plan de l'horiſon, donnent des ſegmens ou des cercles d'entonnoir proportionnés à la charge qui les cauſera. Ainſi, ſans s'embarraſſer du rapport qui peut ſe rencontrer entre les dia-

mètres du cône tronqué & la ligne de moindre réſiſtance, on trouvera toujours, relativement à la pratique, les rayons BD & FH des entonnoirs que doivent former deux fourneaux chargés inégalement, en conſidérant qu'il y a même raiſon de la charge du premier à celle du ſecond, que du cube du rayon BC au cube du rayon FG. Or ſuppoſant qu'ayant chargé une mine avec une quantité de poudre ſuffiſante pour former un entonnoir d'une grandeur raiſonnable, on voulût ſavoir quel diametre donnera l'effet d'une charge beaucoup plus conſidérable que la précédente ; il faudra, après avoir fait une épreuve, meſurer exactement le rayon BD du grand cercle de l'entonnoir, le multiplier par lui-même, afin d'en avoir le carré, qu'il faut ajouter à celui de la ligne de moindre réſiſtance DC, enſuite extraire la racine carrée de la ſomme des deux produits, afin d'avoir une ligne qui exprimera le rayon BC du globe de compreſſion de la mine qui a ſervi d'épreuve. Cela poſé, on dira, comme la charge du fourneau d'épreuve eſt au cube du rayon de ſon globe de compreſſion, ainſi la charge de la mine que l'on veut faire jouer eſt au cube du rayon FG du globe de compreſſion qu'elle doit former. Ayant

Plan. IV. Fig. 6. & 7.

lignes de moindre réſiſtance ſont en raiſon réciproque arithmétique des carrés des rayons des cercles des entonnoirs auxquels ils répondent ; par conſéquent, ſi l'on a deux fourneaux chargés également, mais dont les lignes de moindre réſiſtance ſoient inégales, les cercles qu'ils formeront ſur l'horiſon ſeront d'autant plus grands que les carrés des lignes de moindre réſiſtance ſeront plus petits.

XII.

Dans l'endroit où l'on fait les manœuvres de l'Ecole d'Artillerie de la Fère, on trouve, en creuſant dans différens endroits, trois eſpéces de terreins : la premiere eſt une terre jaunâtre & ſablonneuſe, la ſeconde eſt un ſable mêlé de tuf aſſez dur, & la troiſiéme eſt compoſée d'une terre glaiſe extrêmement forte.

Nous avons fait jouer en différens temps dans tous ces terreins un grand nombre de mines pour des expériences. Ayant fait des obſervations très-exactes ſur leurs différens effets, j'ai remarqué que dans la premiere eſpéce de terrein il falloit 100 livres de poudre pour la charge des fourneaux qui avoient 10 pieds de ligne de moindre réſiſtance, afin que leurs diamétres fuſſent doubles de la ligne de moin-

dre réſiſtance ; que pour un ſemblable effet à la même profondeur, dans la ſeconde eſpéce de terrein, il en falloit cent ſoixante-dix ; enfin dans la troiſiéme, environ deux cent, toujours à 10 pieds de profondeur. Toutes les mines que nous avons fait jouer depuis le commencement de l'Ecole, en 1720, juſqu'en l'année 1725, ne m'en avoient guères appris davantage, lorſque cette même année nous fimes de nouvelles expériences. Il eſt arrivé qu'en les faiſant dans la ſeconde eſpéce de terrein, un fourneau qui étoit chargé de trois cent livres de poudre & qui n'avoit que 10 pieds de ligne de moindre réſiſtance, fit un entonnoir dont le diametre avoit 27 pieds, au lieu de 20, & qu'un autre fourneau qui avoit 15 pieds de ligne de moindre réſiſtance, chargé de neuf cent quatre-vingt livres, fit un entonnoir dont le diamétre ſe trouva de 40 pieds 2 pouces, par conſéquent d'environ 10 pieds de plus que de coutume. D'autres fourneaux que l'on fit jouer pour le même ſujet, donnerent auſſi des entonnoirs plus ou moins grands que le double de la ligne de moindre réſiſtance, ſelon qu'ils étoient plus ou moins chargés.

Plan. IV. Fig. 6 & 7. Je conſidére qu'une mine ordinaire faiſant un entonnoir dont le rayon du grand

cercle eſt égal à la ligne de moindre réſiſtance, le cube du rayon BC du globe de compreſſion ſe trouve de 2829 pieds; car les lignes DC & BD étant chacune de 10 pieds, le carré de BC en vaudra 200, qui étant multiplié par la ligne BC même, donnera le nombre précédent, dont on pourra ſe ſervir dans toutes les opérations qu'on voudra pour connoître la grandeur des entonnoirs.

XIII.

Par exemple, voulant ſavoir quel doit être le diamétre FE, dans le cas où le fourneau G ſeroit chargé de trois cent livres de poudre, je dis: ſi 170 livres, charge du fourneau d'épreuve, donnent 2829 pieds pour le cube du rayon BC, que donneront 300 livres pour le cube du rayon FG? Il vient 4992 pieds cubes, deſquels j'extrais la racine qui ſe trouve de 17 pieds; je carre ce nombre, & du produit j'en ſouſtrais le carré de 10, c'eſt-à-dire, de la ligne de moindre réſiſtance HG, & de la différence, j'en extrais la racine carrée pour avoir le rayon FH, qui ſe trouve de 13 pieds 8 pouces. Et comme 300 livres de poudre, dans l'expérience, ont formé un entonnoir d'un diametre de 27 pieds juſte, on voit que

la différence n'eſt que de quatre pouces.

De même, pour ſavoir quel ſera le diamétre de l'entonnoir d'une mine qui auroit 15 pieds de ligne de moindre réſiſtance, & dont le fourneau ſeroit chargé de 980 livres de poudre, je dis encore : comme 170 eſt à 2829, ainſi 980 eſt au cube du rayon du globe de compreſſion que l'on cherche ; qui ſe trouve 16308, dont la racine cube eſt de 25 pieds 3 pouces : faiſant les autres opérations, on trouvera 40 pieds 7 pouces 4 lignes pour le diametre de l'entonnoir ; & comme celui de l'expérience n'étoit que de 40 pieds 2 pouces, on voit que la différence eſt de 5 pouces.

Ayant fait quelque temps après dans le même terrein un troiſiéme fourneau à 15 pieds de ligne de moindre réſiſtance, & chargé de 3600 livres de poudre ; il a formé un entonnoir de 70 pieds de diamétre : cherchant celui qu'il auroit dû avoir, on trouvera, après avoir fait toutes les opérations précédentes, 72 pieds, qui donnent une différence de 2 pieds.

Pour m'aſſurer de plus en plus du principe précédent, j'ai fait encore à 15 pieds de profondeur un quatriéme fourneau chargé de 2400 livres de poudre, dans le terrein que j'ai déſigné pour celui de la troiſiéme

troiſiéme eſpéce, pour lequel j'ai dit qu'il falloit à 10 pieds 200 livres de poudre, pour former un entonnoir dont le diamétre fût double de la ligne de moindre réſiſtance. L'ayant fait jouer, j'ai trouvé que ſon entonnoir avoit 53 pieds 6 pouces : voulant ſavoir s'il eſt d'accord avec nos régles, je dis, ſi 200 livres de poudre donnent 2829 pour le cube du rayon du globe de compreſſion répondant à 10 pieds de ligne de moindre réſiſtance, combien donneront 2400 livres pour le cube du rayon qu'on cherche ? Faiſant les autres opérations, on trouvera 56 pieds, au lieu de 53 pieds 6 pouces que l'expérience a donné.

Quelque temps après on fit encore un fourneau à 10 pieds, dans un terrein ſemblable à celui de la ſeconde eſpéce, chargé de 1000 livres de poudre. Après l'avoir fait jouer, je meſurai la grandeur de l'entonnoir, & je trouvai que le diamétre étoit de 45 pieds 4 pouces. Au reſte, ſi l'on fait la régle dont le premier terme doit être de 170 livres de poudre, on trouvera que le diamétre devoit être de 46 pieds 10 pouces, ce qui fait 1 pied 6 pouces de plus.

XIV.

Prenant toujours la ligne de moindre réſiſtance au centre du fourneau cubique, & augmentant la charge de plus en plus, il n'y a point de doute que diminuant ainſi la quantité de terre qui doit balancer l'effort de la poudre pendant quelque temps, le globe de compreſſion ne pouvant s'étendre juſqu'à un certain point, les entonnoirs ne deviennent moins grands qu'ils ne devroient être effectivement.

Pour faire les choſes avec préciſion, & conſerver une eſpéce d'égalité de la part de la réſiſtance des terres, il faudroit que la ligne de moindre réſiſtance, pour être toujours la même, fût priſe au-deſſus du ciel du fourneau & non pas au centre, autrement la différence des coffres cauſera de l'altération. Mais comme il ne convient pas non plus d'enterrer ces coffres, parce que ce ſeroit donner l'avantage aux expériences, il n'y a point de parti plus judicieux que de les faire toujours de la même profondeur que celui qui a ſervi d'épreuve, & d'une baſe proportionnée à la plus grande quantité de poudre qu'on y veut mettre. Comme il faut que cette baſe ſoit carrée, on en pourra connoître le côté en diſant : ſi la charge de 170

livres donne 274 pouces pour le carré de ſa baſe, que donnera la charge de 1000 livres pour le carré de la ſienne? On trouvera 4612 pouces, dont la racine carrée eſt environ 40. Alors le coffre étant plat, comme on le voit marqué par K I, le globe de poudre enflammée F G H E, au lieu d'être rond, prendra la forme d'un conoïde elliptique dont le grand cercle aura pour diamétre G E; ainſi, quand la poudre commencera à ſe déterminer vers le ciel, elle embraſſera une plus grande ſurface, ce qui fera que le globe de compreſſion B X A T prenant auſſi la même figure répondra à une plus grande colonne d'air, & la réſiſtance de l'atmoſphere ſe trouvera proportionnée à l'impulſion. De même, la ligne de moindre réſiſtance C D étant égale à celle du fourneau d'épreuve, toutes choſes ſeront relatives à l'effet du premier fourneau, & les rayons du globe de compreſſion pourront s'étendre juſqu'aux points A & B, au lieu qu'ils ne s'étendroient que vers les points P & Q ſi le fourneau étoit cubique. Cependant, ſans avoir égard à tout cela, le fourneau chargé de 1000 livres de poudre, & qui n'avoit que 8 pieds de terre vierge au-deſſus, n'a pas laiſſé de faire un entonnoir de 45 pieds 4 po. de diamétre.

Plan. IV. Fig. 8 & 9.

XV.

Si on vouloit faire un entonnoir à 12 pieds de ligne de moindre réſiſtance, dont le diamétre fût de 56 pieds, pour ſavoir la quantité de poudre dont le fourneau doit être chargé, il faut ajouter enſemble le carré de la ligne de moindre réſiſtance & celui du rayon, c'eſt-à-dire, de 12 & de 28, qui donnent 928, dont ayant extrait la racine carrée, qui eſt 30 pieds 5 pouces 3 lignes, il faudra la multiplier par le même nombre 928, & le produit donnera 28243 pieds pour le cube du rayon du globe de compreſſion que l'on cherche. Cela poſé, il faut avoir égard ſur toutes choſes à la nature du terrein qu'on veut enlever; & ſuppoſant qu'il ſoit ſemblable à celui que j'ai appellé de la premiere eſpéce, on dira, ſi le cube du globe de compreſſion 2829 demande 100 livres de poudre pour la charge de ſon fourneau, combien en faudra-t-il pour celle du globe de compreſſion, dont 28243 eſt le cube du rayon? On trouvera qu'il en faut 998, ou, ſi l'on veut, 1000 livres.

S'il s'agiſſoit d'opérer dans un terrein dont on ignorât la ténacité, pour n'y avoir jamais fait d'expérience, il faudroit voir

s'il a quelque rapport avec ceux dont j'ai parlé, & alors prendre pour baſe une des trois charges qui doit y convenir ; mais s'il étoit abſolument différent, je crois que pour peu qu'on ait de pratique, il ne ſera pas difficile de juger du plus ou du moins de poudre qu'il faudra employer.

Je crois qu'on ne pouvoit rien déſirer de plus avantageux pour l'uſage des mines que la connoiſſance des choſes que je viens de dire ; car il arrive ſouvent qu'à l'attaque des places qui ſont ſituées dans les lieux aquatiques, le mineur eſt privé de s'approfondir auſſi avant qu'il faudroit pour faire des entonnoirs capables de loger une certaine quantité de monde ; au lieu qu'en employant des coffres plats, & ſe ſervant des régles précédentes, on peut, à la profondeur de huit ou dix pieds, faire des logemens auſſi ſpacieux que ſi la mine en avoit vingt-cinq ou trente. Au contraire, ſi l'on rencontroit du roc à une médiocre profondeur, qui empêchât de pénétrer plus avant, ne pourra-t-on pas établir le fourneau ſur ce banc, & former des entonnoirs auſſi ſpacieux que l'on voudra ? Une autre conſidération, qui n'eſt pas moins eſſentielle, c'eſt qu'il ne faut pas tant de poudre pour la charge des mines que je propoſe, que pour celles dont les

diamétres des entonnoirs seroient doubles de la ligne de moindre réſiſtance ; car, ſelon la méthode ordinaire, il faudroit, pour avoir un entonnoir dont le diamétre fût de 56 pieds, comme celui de l'opération précédente, que la ligne de moindre réſiſtance fût de 28 pieds, & alors, en ſuivant les tables des mineurs, charger les fourneaux de 2058 livres de poudre, au lieu qu'il n'en faut que 1000. On m'objectera peut-être que mes entonnoirs n'ont pas la profondeur qu'on pourroit leur donner dans un terrein où l'on ne ſeroit point incommodé des eaux ni du roc, que par conſéquent le logement n'en ſera pas ſi commode ; mais un ſemblable diſcours ne viendra jamais de la part de ceux qui ont vû la guerre, puiſque cette profondeur des entonnoirs, loin d'être un avantage, eſt un défaut conſidérable ; car l'aſſiégeant eſt obligé d'en combler le fond pour y faire une platte-forme ; pendant ce temps là l'on ne perd pas un éclat des bombes & des grenades que la place s'attache à jetter dans ces ſortes d'endroits. D'ailleurs, il faut remarquer que plus le mineur aſſiégeant eſt obligé de s'enfoncer, & plus il eſt ſujet à être inquiété par celui de la place, ſans compter le temps qu'il perd inutilement dans des

circonſtances où les momens ſont précieux. J'ajouterai encore que quand une mine qui n'a que 8 ou 10 pieds de ligne de moindre réſiſtance, eſt chargée de façon à faire un entonnoir de 45 ou 50 pieds de diamétre, le globe de compreſſion a tellement meurtri les terres, qu'à 5 ou 6 pieds au-delà du bord elles ſont déſunies de façon qu'on ne rencontre aucune difficulté à les enlever, de ſorte qu'en moins d'un quart-d'heure on peut remplir les gabions & former le couronnement. Ainſi l'entonnoir, au lieu de 50 pieds de diamétre, peut dans très-peu de temps en avoir 60; & tout bien conſidéré, ces avantages paroiſſent aſſez grands pour mériter qu'on y faſſe attention.

S'il s'agiſſoit au contraire de la défenſe d'un glacis ſous lequel on veut pratiquer des mines, on pourra les rendre capables d'un grand effet, en ne donnant aux lignes de moindre réſiſtance que 4 ou 5 pieds, afin que les entonnoirs n'ayant guères de profondeur, le feu du chemin couvert puiſſe plonger dedans pour empêcher, autant qu'il ſe peut, l'ennemi de s'y établir. Ces mines ayant peu de ligne de moindre réſiſtance, on pourra faire pluſieurs étages de fourneaux, & traverſer long-temps l'ennemi dans les ſituations

même où les mines ne paroiſſent pas praticables, puiſque quand l'eau du foſſé ſeroit à deux pieds au-deſſous du niveau du terre-plein du chemin couvert, la maſſe du glacis ſuffit.

XVI.

Plan. IV. Fig. 10. Comme tout ce que l'on a dit juſqu'ici eſt fondé ſur le globe de compreſſion, l'on a voulu voir ſi en effet il ſe formoit un pareil globe, & juſqu'où il pouvoit s'étendre. Pour cela, l'on a fait quatre puits F, E, D, C, aux angles d'un quadrilatere formé par quatre galeries H,B,G,A, de 60 ſur 70 pieds de côté, qui alloient d'un puits à l'autre. Le premier de ces puits avoit 10 pieds de profondeur, le ſecond 11, le troiſiéme 12, le quatriéme 13; ainſi ces galeries alloient en pente douce, afin de ne pas ſe trouver dans un même plan, par conſéquent dans une même veine de terre : elles avoient trois pieds de large ſur quatre & demi de hauteur, bien coffrées en bon bois de chêne, dans un terrein que j'ai déſigné par la premiere eſpéce. Il y avoit cela de particulier, qu'à dix pieds de profondeur l'on a rencontré un banc de marne fort dur, & fort étendu en ſuperficie & en profondeur.

On a établi un fourneau N à 10 pieds de ligne de moindre réſiſtance, moyennant un rameau à double retour d'équerre M, L, K, I, G, partant de la galerie C D ; ce fourneau étoit placé de façon que le centre ſe trouvoit éloigné de 25 pieds de la premiere galerie C D, de 30 de la ſeconde D E, de 35 de la troiſiéme E F, & de 40 de la quatriéme F C. Vis-à-vis du fourneau l'on eſt parti de la galerie F C, pour conduire un rameau T (*fig.* 11.) en rampe, dont le ciel B étoit à 13 pieds au-deſſous du centre R. Toutes choſes ainſi diſpoſées, on a chargé ce fourneau de 1200 livres de poudre, pour voir quel en ſeroit l'événement ; car on doutoit que les galeries puſſent être crevées, ſur-tout celle qui en étoit diſtante de 40 pieds : c'eſt pourquoi on les avoit éloignées différemment, pour voir juſqu'où s'étendoit le globe de compreſſion dont on devoit juger par les galeries crevées. Fig. 11.

Tout étant préparé de cette maniere, on a fait jouer le fourneau, & l'on a remarqué que les terres ont été enlevées environ à 80 pieds de hauteur, que le diamétre de l'entonnoir étoit de 45 pieds, & toutes les galeries crevées ſans exception, ſur plus ou moins d'étendue, à peu près dans

Fig. 10 & 12. la raiſon réciproque de leur éloignement du fourneau, comme le montre la *figure* 10e. Celle qui paſſoit ſous le fourneau, & qui étoit pratiquée dans la marne, a été auſſi enfoncée (*fig.* 12), & les deux puits D, E, ont eu leurs chaſſis rompus, ſans qu'on pût deſcendre dans les bouts de galeries adjacentes, qu'après les avoir rétablis. Enfin l'on peut dire que cette expérience eſt une preuve la plus complette qu'on puiſſe déſirer de la réalité du globe de compreſſion, dont l'effet eſt de crever des galeries juſqu'au quadruple de la ligne de moindre réſiſtance, qui eſt le terme où je borne l'effet du fourneau ſurchargé, non pas qu'il ne puiſſe s'étendre plus loin, mais il eſt bon de s'en tenir là. On voit que dans l'attaque des places contre-minées par des galeries pouſſées en avant du glacis du chemin couvert (que l'on nomme *galeries d'écoutes* (qui ſont ordinairement à 20 toiſes les unes des autres, ſi le mineur aſſiégeant parvient à établir un fourneau à peu près dans le milieu de la diſtance d'une galerie à l'autre, il en ſera éloigné d'environ dix toiſes, d'où il n'aura point à craindre les camouflets : il faut ſeulement qu'il prenne garde d'établir ſon fourneau à une profondeur de 15, 16, 17 ou 18 pieds;

afin d'avoir une ligne de moindre réſiſtance qui ſoit à peu près le quart de la diſtance dn fourneau aux galeries ; il ſera aſſuré de les crever.

XVII.

Pour rendre raiſon de cet effet, ſuppoſons que l'élaſticité de la poudre enflammée dans un fourneau de mine ſoit compoſée d'une infinité de reſſorts à boudin, diſpoſés comme le ſeroient les rayons d'une ſphere, & que ces reſſorts, qui vont toujours en croiſſant de force à meſure que la poudre s'enflamme, ont leurs baſes réciproquement appuyées les unes contre les autres au centre du fourneau. Comme l'action eſt égale à la réaction, l'on voit que ces reſſorts venant à ſe débander tous enſemble, ils preſſeront avec une extrême violence toute la maſſe qu'ils tendent à détacher, & choqueront avec la même force la ſurface intérieure qui leur ſert d'appui. Le globe de compreſſion prenant alors un nouvel accroiſſement, s'il ſe rencontre des galeries de mines dans le voiſinage du fourneau, elles ſeront crevées, quoique placées à une diſtance beaucoup plus grande que la ligne de moindre réſiſtance, malgré le peu d'épaiſſeur des terres qui pourroient

ſe trouver au-deſſus du ciel par rapport à la maſſe de celles qui ſe rencontrent juſqu'aux galeries ; c'eſt-à-dire, qu'il arrive la même choſe qu'à la poudre dont un canon eſt chargé, y mettant le feu, le boulet ne peut être chaſſé en avant que la culaſſe ne le ſoit en arriere avec la même force, parce que le chemin que fait le boulet, & celui du recul, ſont en raiſon réciproque de leurs maſſes. Ce n'eſt pas ſeulement la culaſſe du canon qui reçoit l'impulſion, mais encore la ſurface concave de la chambre, parce qu'il s'agit d'un fluide à reſſort dont toutes les parties preſſent également en tout ſens. De même, quand la poudre veut vaincre la ténacité des terres & le poids de l'atmoſphere, elle choque avec une extrême violence le fond & le pourtour du fourneau, qui tiennent lieu de la chambre d'un canon, & imprime par réaction aux terres qui répondent au ciel l'impreſſion qu'il leur faut pour être enlevées & chaſſées au loin : alors ſon effet ſe porte à la ronde, comme nous l'avons dit, juſqu'au quadruple de la ligne de moindre réſiſtance, & l'on entend une détonation ſourde accompagnée d'un tremblement de terre ; ce qui vient encore un coup da la communication ſucceſſive du choc qui s'étend

bien au-delà des galeries crevées, qui ne le ſont qu'à l'inſtant de la plus grande exploſion de la poudre ; & quand une mine eſt ſuffiſamment chargée, l'entonnoir qu'elle forme alors a ſon diamétre environ ſextuple de la ligne de moindre réſiſtance, que je regarde comme le plus grand de tous ceux qu'il peut avoir.

Voilà une partie des épreuves ſur les mines, qui ont été exécutées à l'Ecole de la Fère par ordre du Roi, & dont on a rendu compte à la Cour. Je ne dis rien de celles que j'ai faites en mon particulier à la campagne dans la terre d'un de mes amis, qui ont donné lieu aux précédentes, n'ayant rien voulu citer qui ne puiſſe être certifié par tous les Officiers du Corps de l'Artillerie, qui en ont été témoins. Il me reſte encore un grand nombre d'autres épreuves à décrire ſur différens ſujets qui ont rapport à la guerre, dont je vais rendre compte dans la ſuite de ce Mémoire.

XVIII.

Pour donner une application de l'effet du globe de compreſſion à l'uſage qu'on peut en faire dans la défenſe des Places aſſiégées, je vais expliquer les plans & profils des contre-mines que j'ai fait exé-

cuter au polygone de la Fère, pour faire ſauter le canon de l'aſſiégeant dans le foſſé de la place, & une autre expérience qui m'a également réuſſi, pour le faire ſauter juſques dans la place même.

On n'ignore pas qu'auſſi-tôt que l'aſſiégeant a établi ſes batteries ſur la crête du chemin couvert pour faire brêche, ſoit à quelques ouvrages détachés, ou au corps de la place, ces brêches ſe trouvent praticables au bout de deux ou trois jours, & la mettent dans la néceſſité de ſe rendre. La ſeule reſſource qui reſte alors à l'aſſiégé, c'eſt de retarder autant qu'il eſt poſſible ces ſortes de batteries par toutes les chicanes que l'on peut pratiquer en pareil cas, parmi leſquelles il n'y en a point de plus capables de déconcerter l'aſſiégeant que de détruire ſes batteries par l'effet des contre-mines, de briſer ſes affûts & de jetter ſon canon au loin.

Toutes les fois qu'on a fait uſage de ces ſortes de mines, le canon a été jetté du côté de la tranchée, à cauſe de la réſiſtance qu'oppoſent le parapet de la batterie & le glacis du chemin couvert; mais on peut, lorſqu'on fera ſauter pluſieurs fois le même terrein, diſpoſer les fourneaux de maniere que quand l'aſſiégeant aura rétabli ſes batteries pour la

ſeconde & la troiſiéme fois, le canon ſoit jetté du côté de la place, parce que les terres rapportées dont l'aſſiégeant ſe ſera ſervi pour combler les premiers entonnoirs, n'ayant pas à beaucoup près la ténacité des terres vierges, cette circonſtance fera naître le foible où étoit le plus fort. En ſuivant cette maxime, j'ai fait exécuter en 1724 des mines ſous le chemin couvert du polygone de la Fère, pour faire ſauter trois fois les batteries qu'on ſuppoſoit que l'aſſiégeant y avoit établies. Les premiers fourneaux C, enleverent le canon de 24 du côté de la tranchée comme à l'ordinaire, mais les batteries ayant été rétablies pour la ſeconde fois, mettant le feu aux fourneaux D, d'autre canon de même calibre, fut jetté du côté de la place au pouvoir de l'aſſiégé; les mêmes batteries ayant été rétablies pour la troiſiéme fois, les fourneaux E ont produit le même effet que les précédens, au grand étonnement des ſpectateurs, principalement de quelques perſonnes du métier, qui en avoient jugé tout autrement; car c'étoit la premiere fois que cette opération a été pratiquée, ſi l'on en excepte le ſiége de Turin, en 1706, où il arriva qu'un fourneau jetta par haſard une de nos piéces de canon dans le chemin couvert, que les

Planc. V. Fig. 1, 2, & 3.

aſſiégés menerent en triomphe dans la place.

Comme ces expéditions ſont extrêmement propres à enfler le courage d'une garniſon, & à le faire perdre à l'aſſiégeant, par le temps conſidérable qu'il eſt obligé d'employer pour ſe rétablir, nous avons cru ne pouvoir mieux marquer notre attachement au ſervice de Sa Majeſté qu'en perfectionnant cette partie de l'uſage des mines, faiſant enſorte que les premiers fourneaux nommés *fougaſſes*, & qui n'auroient que huit ou dix pieds de ligne de moindre réſiſtance au-deſſous du glacis, puſſent jetter du premier coup le canon de l'ennemi dans le foſſé de la place, & même dans un baſtion ou une demi-lune, afin de pouvoir s'en ſervir contre lui. Ce projet peut avoir lieu dans les places dont les foſſés ſeroient pleins d'eau, comme dans celles qui les auroient à ſec, puiſqu'en approfondiſſant ſeulement de trois pieds au-deſſous du terre-plein du chemin couvert, l'élévation de ſa banquette & de ſon parapet, qui donnent enſemble ſept ou huit pieds, fourniront autant de ligne de moindre réſiſtance qu'il en faut pour donner lieu à cette opération. Que ſi l'on peut s'enfoncer de huit pieds, au lieu de trois, on pourra faire ſauter comme la

premiere

premiere fois, les batteries que l'aſſiégeant aura rétablies, & même encore une troiſiéme, ſi l'on peut s'approfondir de treize ou quatorze pieds.

La queſtion étoit donc de faire ſauter du premier coup le canon du côté de la place, parce qu'après cela, il n'y a plus à douter que la même opération ne puiſſe ſe répéter autant de fois que l'aſſiégeant ſe ſera opiniâtré à conſtruire de nouvelles batteries.

XIX.

Ayant expoſé ce projet à la Cour, elle en ordonna l'exécution en 1739; pour cet effet, on a élevé une batterie dans toutes les régles, & placé deux piéces de canon de vingt-quatre, ſituées comme elles devoient l'être pour battre en brêche. Deſſous le milieu de cette batterie l'on a percé, en partant du pied de la banquette du chemin couvert, une galerie G I de vingt pieds de longueur; enſuite on a pratiqué deux rameaux G H & G L, chacun de ſept pieds de longueur avec leur retour, pour placer les fourneaux A A, de ſept pieds de ligne de moindre réſiſtance, répondant ſous l'eſſieu de l'affût de chacune des piéces; la galerie a été continuée en rampe pour Plan. V. Fig. 5 & 6.

pratiquer deux autres rameaux KO & KN, comme les précédens, mais plus bas, afin de placer deux autres fourneaux BB, de dix pieds de ligne de moindre réſiſtance, éloignés des deux premiers d'une diſtance auſſi de dix pieds, priſe horiſontalement, afin d'avoir le triangle rectangle & iſoſcele BDE (*fig.* 5.) dont l'hypothénuſe BE marque la direction ſelon laquelle l'impulſion de la poudre des grands fourneaux devoit agir, afin de prendre les affûts à l'endroit de leurs eſſieux, que nous regardons comme le centre de gravité des piéces, & de les chaſſer en avant.

L'objet des petits fourneaux A, A, étant de vaincre la ténacité des terres ſans produire en dehors aucun effet ſenſible, on les a ſeulement chargés chacun de vingt livres de poudre, pour former des globes de compreſſion AA, & ébranler les terres; quant aux grands fourneaux BB, la charge de chacun étoit de ſix cent livres de poudre.

Fig. 6. Prévenu de cette diſpoſition, l'on ſaura que les ſauciſſons ont été compaſſés de maniere qu'ayant mis le feu à l'extrémité I, il s'eſt rendu au point de partage G, d'où il s'eſt porté en même temps aux deux fourneaux A, A & au point K, en-

ſuite aux fourneaux B, B, quelques ſecondes après que les premiers A, A, ont produit leur effet. Alors les ſeconds B, B, ayant rencontré beaucoup moins de réſiſtance vers les roues des affûts que vers leur croſſe, par la préparation précédente, ont enlevé les piéces environ à quarante toiſes de hauteur, & elles ſont de-là retombées du côté de la place à trente-cinq toiſes de la batterie.

L'effet de cette mine a été beaucoup au-delà des eſpérances de ceux qui en avoient jugé le plus favorablement par la ſeule expoſition du projet; tout ce qu'il y avoit d'habiles gens à l'Ecole de la Fère, ont ſenti plus que jamais combien l'on pouvoit compter ſur la certitude des principes établis dans notre théorie, & tous les avantages qu'on peut tirer du globe de compreſſion.

Quoique les centres des deux grands fourneaux fuſſent éloignés de dix-huit pieds l'un de l'autre, ils n'ont formé enſemble qu'un ſeul entonnoir elliptique, dont le grand diamétre s'eſt trouvé de quarante-cinq pieds, & le petit de vingt-ſept, ſur dix-huit pieds de profondeur, le fond bien nettoyé, ſans que le parapet du chemin couvert fût endommagé. Or, ſi une mine capable de faire ſauter deux

piéces ſeulement, produit une auſſi grande excavation, à quelle extrémité l'aſſiégeant ne ſe trouveroit-il pas réduit, ſi le même effet étoit répété ſous une batterie de dix ou douze piéces ? Car où prendre des terres pour combler un entonnoir qui auroit trente-cinq ou quarante toiſes de longueur ſur cinq de largeur, & quinze pieds de profondeur ? Que de temps perdu pour réparer ſon déſaſtre, & que de feu à eſſuyer dans un endroit qui ſera le réceptacle des bombes, des carcaſſes & des grenades !

Relation des épreuves ſur les Mines, faites à Biſy dans le mois de Juillet 1753, *par ordre du Roi, avec l'uſage qu'on peut en faire pour l'attaque des Places.*

XX.

Pour juger des épreuves faites à Biſy, l'on ſaura que leur objet a été l'attaque des contre-mines d'une place aſſiégée, en ſe ſervant de l'un de ces deux moyens, ou de tous les deux enſemble ; le premier, de crever à la ronde, auſſi-bien qu'en-deſſous, les galeries des contre-mines par l'effet du globe de compreſſion, c'eſt-à-dire, par celui d'un fourneau ſurchargé pratiqué à une certaine profondeur ; le

ſecond, de changer en tranchée de ſiége les mêmes galeries, & de s'en ſervir pour prendre le chemin couvert.

Sa Majeſté ayant été informée de ces deux moyens, ordonna qu'on en fît des épreuves aux environs du Château de Biſy, proche Vernon-ſur-Seine, appartenant à M. le Maréchal Duc de Belle-Iſle. En conſéquence, il ſe rendit le 12 Mars 1753, un détachement de ſoixante-quinze mineurs avec leurs Officiers, tirés de l'Ecole de la Fère. Le travail ayant commencé par ce qui devoit appartenir au globe de compreſſion, l'on choiſit un terrein le plus uniforme que l'on pût trouver, qui ſe rencontra de tuf ſec mêlé de ſable & de pierres ; en cet endroit on pratiqua quatre galeries A, B, C, D, de trois pieds de largeur ſur ſix de hauteur, qui ſe joignoient par leurs extrémités en formant un carré long, dont les côtés répondoient à peu près aux quatre points cardinaux. Les deux galeries oppoſées A, B, qui regardoient l'eſt & l'oueſt, avoient chacune douze toiſes de longueur, & les deux autres dix ſeulement, revêtues en maçonnerie, afin de montrer que cette maçonnerie, loin d'être un obſtacle aux effets de la poudre, ne pouvoit que les favoriſer. Le rez-de-chauſſée de ces Plan. V. Fig. 7.

galeries avoit enſemble ſix pieds trois pouces de pente, & pour profondeur moyenne quinze pieds au-deſſous de la ſurface de la terre, qui alloit en glacis de quatre pieds du ſud au nord, dans l'intervalle des deux galeries de ce nom. De celle de l'eſt C, l'on fit partir un rameau coudé à retour d'équerre pour placer un fourneau E, dont le centre répondît à douze pieds de ligne de moindre réſiſtance; il étoit ſitué de maniere qu'il ſe trouvât éloigné de vingt-quatre pieds de la galerie précédente, de trente de celle du ſud, de trente-ſix de celle de l'oueſt, & de quarante-deux de celle du nord. On fit les autres galeries, moyennant les facilités que donnoient deux puits; l'un M, du côté du ſud, avoit ſeize pieds de profondeur; & l'autre I, du côté du nord, en avoit vingt.

Lorſque les galeries furent achevées, on continua de creuſer ce dernier puits de neuf pieds de plus qu'il n'avoit en premier lieu, afin que le fond Y (*fig.* 8), ſe trouvât de vingt-neuf pieds au-deſſous de la ſurface du terrein, à l'endroit du fourneau; enſuite on perça une galerie, allant paſſer directement deſſous le fourneau; elle avoit dix-huit pouces de pente, & cinq pieds de hauteur. Par-là le ciel ſe

Fig. 8.

trouvoit préciſément de quatorze pieds au-deſſous du foyer, ou centre du fourneau E ; le tout bien ſolidement coffré en bon bois de chêne, toujours dans la même eſpéce de terrein de tuf, ſi dur que les mineurs ne pouvoient le percer ſans le ſecours du ciſeau. Telles étoient les diſpoſitions faites pour ce qui appartient au globe de compreſſion, dont l'objet étoit de voir s'il creveroit toutes les galeries.

Comme il ne paroiſſoit pas naturel qu'un fourneau de mine dont l'effet devoit ſe faire du côté le plus foible, dût crever des galeries qui en ſeroient éloignées juſqu'au quadruple de la ligne de moindre réſiſtance, il n'eſt pas ſurprenant qu'on en ait douté, quoique l'expérience faite en 1732 à la Fère, eût dû ne plus laiſſer de doute ſur cet article, & que le fait fût établi ſur la théorie précédente : cependant les gens du métier n'ont point tenu compte de cette expérience, parce qu'ils prétendirent que la poudre s'étoit fait jour pour crever les galeries entre les terres & un banc de marne. On ſentoit qu'en admettant cette théorie, il falloit néceſſairement ſe déſabuſer des principes qu'on avoit adoptés juſqu'alors. J'ai gardé le ſilence ſur cet article juſqu'en 1753,

lorſque dans un Diſcours que j'eus l'honneur de faire à Sa Majeſté ſur les effets de la poudre dans les mines & le canon, elle ordonna immédiatement après que l'on me mît à même de faire de nouvelles épreuves, qui ſont celles que je décris actuellement.

XXI.

Le 18 Juin, M. le Comte d'Argenſon, qui s'étoit rendu la veille chez M. le Maréchal Duc de Belle-Iſle, au Château de Biſy, accompagné d'un grand nombre d'Officiers généraux & autres perſonnes de conſidération que la curioſité y avoit attirées, fut dès le grand matin viſiter tous les travaux des mines, après quoi l'on mit le feu au fourneau du globe de compreſſion, qui avoit été chargé la veille de 3000 livres de poudre. Il fit une gerbe de terre d'environ cent-cinquante pieds de hauteur. Ces Meſſieurs s'étant rendus ſur les lieux pour juger par eux mêmes s'il avoit crevé les galeries d'alentour, ainſi que celle de deſſous, & juſqu'à quel terme le globe de compreſſion avoit agi, l'on a trouvé qu'il avoit formé un entonnoir parfaitement rond de ſoixante-ſix pieds de diamétre & de dix-ſept de profondeur.

La galerie de maçonnerie D répondant à l'eſt, éloignée de vingt-quatre pieds du fourneau, fut crevée ſur toute ſa longueur. Plan. VI. Fig. I.

La galerie A, de dix toiſes, regardant le ſud, & qui étoit éloignée de trente pieds du fourneau, fut également crevée ſur toute ſa longueur, excepté deux toiſes par ſon entrée du côté de l'oueſt.

La galerie C, de l'oueſt, de douze toiſes, éloignée de trente-ſix pieds du centre du fourneau, fut détruite en même temps ſur la longueur de ſept toiſes, en étant reſté un bout de trois toiſes vers ſon entrée du nord, & un autre de deux toiſes vers ſon entrée du ſud.

La galerie B, du nord, qui avoit dix toiſes, éloignée de quarante-deux pieds du même fourneau, fut crevée ſur toute ſa longueur, excepté deux toiſes à ſon entrée vers l'oueſt; ainſi il y en avoit huit d'impraticables, leſquelles ſe ſont trouvé diviſées en deux également par la perpendiculaire de quarante-deux pieds abaiſſée du centre du fourneau ſur la même galerie. Comme cette ligne formoit un triangle rectangle avec la partie de vingt-quatre pieds qui regardoit le puits, ce qui donne une hypothénuſe de quarante-huit pieds, qui eſt en même

temps la distance où s'est étendu le globe de compression, l'on voit qu'il eût crevé une galerie qui se fût trouvée à quarante-huit pieds du centre du fourneau ; par conséquent au quadruple de la ligne de moindre résistance, & même plus loin, si l'impulsion de ce globe avoit agi selon des directions perpendiculaires, au lieu d'obliques qu'elles étoient à cette extrémité.

Fig. 2. La galerie YZF, qui passoit sous le fourneau, & dont le ciel en étoit éloigné de quatorze pieds, avoit onze toises trois pieds ; l'on n'a pû entrer dans cette galerie que sur la longueur YZ, de quatre toises ; ainsi le reste, de sept toises trois pieds, s'est trouvé entiérement crevé. Comme l'extrémité de la premiere passoit de neuf pieds le centre du fourneau, l'on voit qu'il restoit dix toises depuis le milieu jusqu'à l'entrée de la même galerie, où s'en étant trouvé quatre d'entiéres, il en est resté six de crevées de cette part ; les prenant pour base du triangle rectangle EFZ, formé par la perpendiculaire EF, de quatorze pieds abaissée du centre du fourneau, & qui auroit pour hypothénuse la distance du même centre à l'extrémité de la partie crevée du côté du puits, on trouvera par

le calcul que cette hypothénuſe, ou le rayon EZ du globe de compreſſion, étoit de trente-huit pieds ; ainſi il eût crevé une galerie, dont le ciel ſe fût trouvé à cette profondeur au-deſſous du foyer, par conſéquent à cinquante pieds au-deſſous de la ſurface de la terre, qui eſt la plus grande profondeur où l'on puiſſe jamais établir des galeries. Ce ſont là des faits encore exiſtans, & dont on pourra juger ſur les lieux mêmes.

Il ſuit de-là, que ſi la ligne de moindre réſiſtance avoit été de quinze ou ſeize pieds, au lieu de douze, le globe de compreſſion auroit crevé des galeries à dix toiſes de diſtance du centre du fourneau ; par conſéquent, ſi ce fourneau étoit placé à cette profondeur, à peu près dans le milieu de l'intervalle d'une galerie d'écoute à l'autre voiſine (qui eſt ordinairement de quinze à vingt toiſes), il les creveroit toutes deux, de même que la galerie d'enveloppe, & toutes celles qui ſe trouveroient ſituées au-deſſous du niveau des précédentes, en augmentant ſeulement la poudre à proportion : ce qui prouve le bon uſage qu'on peut faire de ce globe dans l'attaque des places contre-minées.

XXII.

On a reconnu que pour faire uſage de ce globe dans un terrein d'une qualité ordinaire, il falloit établir le fourneau à la profondeur du ſol des galeries, de maniere que ſa diſtance de la plus éloignée, fût à peu près quadruple de la même profondeur, que l'on peut regarder comme le quart du terme extrême; alors le diamétre de l'entonnoir qui lui répondra, ſera à peu près ſextuple de la même ligne. *Que pour trouver la charge, on devoit tripler la ligne de moindre reſiſtance exprimée en pieds, multiplier ce produit par cent, & que l'on auroit la quantité de livres de poudre néceſſaire.* Par exemple, ayant deux ou trois galeries contigues, à la profondeur de quinze pieds, on choiſira une poſition d'où l'on ſoit à portée de ces galeries, à une diſtance qui n'excéde pas ſoixante pieds. Dans l'endroit le plus commode, on creuſera un puits, du fond duquel on percera un rameau pour établir le fourneau convenablement, enſuite on triplera quinze pour avoir quarante-cinq, que l'on multipliera par cent, ce qui donnera quatre mille cinq cent livres de poudre pour la charge du fourneau. Selon cette réglè, on voit que la vraie charge

du globe de compreſſion de Biſy, devoit être de trois mille ſix cent livres de poudre pour une ligne de moindre réſiſtance de douze pieds ; alors le diamétre de l'entonnoir eût été de ſoixante-douze pieds, au lieu de ſoixante-ſix. En ce cas, la galerie du nord auroit été crevée à la diſtance du quadruple de la même ligne, comme on l'a déja dit. La raiſon qui a fait modifier cette charge à trois mille livres ſeulement, a été d'épargner des maiſons prochaines qui auroient pû en ſouffrir. Cette régle pour la charge du fourneau, n'eſt fondée que ſur la pratique, & non point ſur une théorie exacte ; mais elle ſuffit, parce qu'il vaut mieux la rendre ici plus forte que foible.

XXIII.

Tandis qu'une partie du détachement des mineurs étoit occupée à tout ce qui devoit appartenir au globe de compreſſion, l'autre travailloit à conſtruire une place d'armes de chemin couvert pour la contre-miner, afin de pouvoir enſuite changer les galeries en tranchées de ſiége, & donner lieu à des épreuves d'une nouvelle eſpéce. Cette place d'armes tracée d'une grandeur convenable à une Ville de guerre, s'eſt trouvée ſituée dans le terrein

le plus ingrat ; le fond étoit de pierres de carrieres fort dures, qu'on ne pouvoit percer ſans petarder continuellement, couvert d'un lit de glaiſe extrêmement forte, ce qui paroiſſoit contraire aux épreuves qu'on ſe propoſoit de faire ; mais comme ç'eût été les favoriſer que d'en chercher un autre plus traitable, on a cru devoir s'en tenir à celui que le haſard avoit préſenté, attendu que ſi ces expériences réuſſiſſoient, on pouvoit ſe flatter qu'elles auroient le même ſort en quelqu'endroit que ce fût.

Plan. VI. Fig. 5. On fit donc, à la profondeur de douze, treize, quatorze & quinze pieds, une galerie magiſtrale 1, 2, 3 ; une autre d'enveloppe 4, 7, au pied du glacis ; deux traverſales 1, 4 & 3, 7 ; & deux d'écoute 5, 8 & 6, 9, ayant cinq pieds de hauteur ſur trois de largeur.

Tout ce travail étant achevé, l'on fit une ſappe dans les formes, dont la tête CB alloit répondre vers les extrémités des deux écoutes, en croiſant un peu ſur celle de la droite, au-deſſus de laquelle on a ſuppoſé que le haſard l'avoit fait paſſer, au lieu qu'elle ſe trouvoit éloignée de l'autre d'environ quatre toiſes.

Le 16, le mineur aſſiégé voulant détruire une partie de la tête de cette ſap-

pe, fit jouer les deux fourneaux A & B, partant de la galerie d'écoute de la droite, par rapport à l'aſſiégeant.

Le ſecond fourneau, qui avoit dix pieds de terre au-deſſus, forma un entonnoir de vingt-ſept pieds de diamétre, où les mineurs entrerent pour en découvrir le rameau, le débourrer, & de-là paſſer dans la galerie, ce qu'ils firent en cinq heures de travail.

Le 17, les mineurs voulant faire ſauter dans le même inſtant & par un ſeul feu cette galerie d'écoute de vingt toiſes, celle d'enveloppe de vingt-quatre, & douze de la traverſale droite, commencerent par placer en avant des maſques de ſacs à terre pour leur tenir lieu de retranchement, poſerent enſuite les auges, & mirent dix barrils de poudre en deux tas dans le bout de la traverſale; ils en mirent ſeize en quatre tas dans l'enveloppe, & autant dans l'écoute, dont ils boucherent enſuite l'entrée du côté de l'entonnoir, par où ils s'étoient introduits; tout ce travail a duré ſept heures.

XXIV.

M. le Comte d'Argenſon s'étant rendu ſur les lieux après l'effet du globe de compreſſion, l'on fit jouer le fourneau

que le mineur aſſiégé avoit chargé de deux cent livres de poudre, au bout du rameau partant de la galerie d'écoute de la gauche, pour détruire de ſon côté la tête de la ſappe précédente. Les mineurs aſſiégeans entrerent dans l'entonnoir pour chercher ce rameau; auſſi-tôt l'on envoya deux mineurs pour entrer dans cette galerie par le débouché de la gorge de la place d'armes, qui furent ſuivis de Milord Melfort, curieux de juger ſi cela ſe pouvoit; ayant été juſqu'à l'enveloppe, la fumée que la poudre du ſauciſſon avoit répandue, ne leur permit pas d'aller plus avant; ils ſortirent au plutôt pour reſpirer l'air pur, & ſe remettre de l'étourdiſſement que cette tentative leur avoit cauſé.

Une heure après, ce Seigneur accompagné d'un Sergent & d'un Caporal de Mineurs, entra pour la ſeconde fois dans les contre-mines, pour voir s'ils pourroient paſſer dans la galerie dont on vient de parler, mais ils la trouverent bien plus empoiſonnée que la premiere fois; ayant voulu pénétrer dans l'écoute, ils tomberent tous évanouis, & ſeroient reſtés étouffés, ſi on ne les en avoit retirés promptement, ſur-tout le Caporal, qui en fut incommodé pendant plus de vingt-

quatre

quatre heures. Cet exemple montre que les mineurs n'ont point de plus cruel ennemi que la fumée de la poudre renfermée dans des galeries ; s'ils en reſpirent pendant quelques minutes, elle les fait tomber en défaillance, & même mourir, s'ils ne ſont point ſecourus à propos.

Après cet événement, l'on mit le feu au ſauciſſon qui répondoit à l'entonnoir de la galerie d'écoute de la droite, & l'on en vit ſubitement enlever le ciel, ainſi que celui des deux autres adjacentes, c'eſt-à-dire, de l'enveloppe & partie de la traverſale, qui furent changées en tranchées, ſur l'étendue enſemble de cinquante-ſix toiſes, ayant environ vingt-quatre pieds de largeur ſur ſept à huit de profondeur. Peu après, on fit auſſi ſauter du même feu le reſte de la communication ou traverſale adjacente, avec la moitié de la galerie magiſtrale de la gorge de la place d'armes, moyennant vingt-trois barrils de poudre placés en ſix tas, qui ont changé de même ces galeries en tranchées, longues enſemble de trente-huit toiſes, c'eſt-à-dire, que la galerie d'écoute de la droite, celle d'enveloppe, la traverſale & la magiſtrale, ne formerent plus qu'une même tranchée. Plan. VI. Fig. 6 & 7.

Le même jour, les mineurs après avoir

déblayé le fond de l'entonnoir de l'écoute de la gauche, débourré le rameau, & pénétré dans cette galerie, la chargerent de vingt barrils de poudre posés en quatre tas. On chargea aussi l'autre moitié de la galerie magistrale de la place d'armes, moyennant douze barrils de poudre posés en trois tas.

Les choses ainsi disposées, M. le Comte d'Argenson & M. le Maréchal Duc de Belle-Isle, se rendirent sur les lieux le 19 au matin pour voir les opérations qui restoient à faire ; la premiere changea en tranchée la galerie d'écoute de la gauche de vingt-deux toises avec plus de succès encore qu'aux autres, se trouvant mieux nettoyée, ensuite on fit jouer la charge du reste de la galerie magistrale, qui devint une tranchée longue de vingt toises.

On dira peut-être que les contre-mines de cette place d'armes n'ayant point été défendues, il n'est pas surprenant qu'on en ait tiré tout le parti qu'on a voulu. Quoique cette objection ne mérite pas qu'on y réponde, il suffit de dire que les opérations qu'on y a faites ont eu cela de commun avec celles des Ecoles d'Artillerie, qui se pratiquent sans que personne en souffre.

Toutes les épreuves finies, à la satis-

faction de M. le Comte d'Argenſon, ſans nul accident, ce Miniſtre, pour les conſtater & en rendre compte au Roi, en fit dreſſer un procès-verbal, ſigné de Mrs de Valiere & Gourdon, Lieutenans Généraux des Armées du Roi; d'Auville, Châteaufer, Gribauval, Capitaines de Mineurs; de Belcourt, Commandant en troiſiéme de l'Ecole de la Fère, & Bélidor.

C'eſt d'après ce procès-verbal que l'on a rapporté les faits précédens, qui ne peuvent être ſuſpectés d'altération. Tout s'eſt bien paſſé de la part de ceux que M. le Comte d'Argenſon avoit invités de ſe rendre à Biſy, pour juger de ces épreuves, ſans qu'aucun en ait conteſté la nouveauté, quoique ce fût-là le vrai temps de le faire.

XXV.

On a déduit des mêmes expériences que, pour changer les galeries de mines en tranchées, il falloit après avoir établi les callées de ſacs à terre, ou de charpente, poſer les tas de poudre à des diſtances égales, afin de les faire prendre enſemble, de maniere que celle du milieu de l'un au milieu de l'autre fût double de la profondeur de la galerie, ce qui déterми-

nera le compaſſement des feux. Il faut que la charge ſoit réglée, de maniere qu'il retombe aſſez de terre au fond de la tranchée, pour qu'il ne lui reſte qu'environ ſix à ſept pieds de profondeur au plus, comme on le voit au profil (*fig.* 7 & 9), autrement les troupes ſeroient trop enterrées. Par exemple, on a reconnu que pour une bonne terre franche, chacun de ces tas devoit être compoſé d'autant de barrils de poudre de cent livres qu'il y auroit de pieds dans le quart de la même profondeur; c'eſt-à-dire, qu'ayant une galerie d'environ vingt-quatre toiſes, dont le ſol fût de ſeize pieds au-deſſus de la ſurface de la terre, il faudroit ſeize barrils de poudre pour la charger, poſés en quatre tas égaux éloignés de ſix toiſes du centre d'un tas à l'autre, obſervant que les deux extrêmes ſoient éloignés des bouts de la même galerie d'une diſtance égale à ſa profondeur, ce qui peut ſe faire en moins de quatre heures de temps. Si les galeries étoient pratiquées dans un terrein d'une qualité fort différente, ou de celui que je ſuppoſe, on jugera de la charge qui convient à l'effet qu'on ſe propoſe, d'après des expériences faites ſur les premiers bouts que l'on fera ſauter pour ſe conduire en conſéquence.

Pour rendre raiſon des effets de la poudre dans les galeries de mines changées en tranchées, je conſidére que ces galeries ſont dans le même cas qu'un fuſil qu'on voudroit faire crever. On ſait qu'il ne faut pour cela que le charger de poudre beaucoup au-deſſus de ce qu'il doit l'être, & en boucher le canon ; après y avoir mis le feu, on le voit éclater ſur ſa longueur, parce que la flamme ne pouvant s'échapper par l'oriſice, fait effort en tout ſens, juſqu'à ce qu'il y en ait aſſez d'allumée pour vaincre l'obſtacle qui lui réſiſtoit. Il en eſt de même des barrils de poudre diſpoſés en pluſieurs tas dans une galerie bien bouchée ; venant à prendre tous enſemble par le compaſſement des feux, ils forment un fluide à reſſort qui s'étend dans toute la galerie, en enleve le ciel à trente ou quarante toiſes de hauteur ; de-là les terres retombent ſur les bords, qu'il n'eſt plus queſtion que d'approprier au ſervice de la tranchée.

XXVI.

Il ſuit de tout ce qui précéde ; 1°. que la méthode de changer des galeries de mines en tranchées, ſera d'un excellent uſage, principalement lorſque la ſappe ſe trouvera dans le cas de cheminer vers une

contreſcarpe dont les avenues ſeront contre-minées dans un terrein pierreux ou pelé qui n'offriroit point de déblai pour remplir les gabions ; cet obſtacle n'empêchera pas la poudre d'enlever le ciel des galeries pour y former des logemens, ce qui eſt évident, après les épreuves de Biſy, faites en partie dans des carrieres de grès fort dur.

2°. Que les contre-mines, telles que l'on a coutume de les diſpoſer aujourd'hui, ſeront plus nuiſibles qu'avantageuſes à la place qui en ſeroit enveloppée, ſur-tout ſi l'on en a les plans & profils, parce que l'aſſiégé ne pourra faire jouer des fourneaux en avant, ſans ouvrir à ſon ennemi un chemin pour marcher vers la contreſcarpe. Lorſqu'il aura détruit toutes les galeries, il pourra en toute ſûreté établir ſes batteries ſur le glacis.

3°. Qu'à l'avenir le ſort des deux partis changera totalement de face, puiſque l'aſſiégeant trouvera des diſpoſitions toutes faites, les tournera avec plus de ſuccès à ſon avantage, que la place ne pouvoit par le paſſé s'en prévaloir contre lui.

4°. Que dans l'attaque des places contre-minées, les mineurs aſſiégeans s'y rendront plus recommandables que jamais, puiſque la priſe du chemin couvert

leur ſera réſervée, auſſi-bien que celle de toutes les piéces qui auront des communications ſoûterraines avec la place, comme à la citadelle de Tournai & à tant d'autres, ſans que la place en ſoit exempte, ſi elle ſe trouve dans ce cas-là.

5°. Qu'il faudra néceſſairement changer la méthode de contre-miner les avenues d'un chemin couvert, pour n'offrir à l'ennemi aucune galerie qu'il puiſſe tourner à ſon avantage.

XXVII.

Pour appliquer notre méthode d'attaquer les contre-mines au ſiége d'une place qui en ſeroit hériſſée, je ſuppoſe qu'après l'ouverture de la tranchée, l'on a fait Plan. VII. une premiere parallele qui n'a pû être exprimée ſur le plan, à cauſe de ſon peu d'étendue; immédiatement après, que l'on en a fait une ſeconde CBA, environ à ſoixante toiſes de la paliſſade du chemin couvert, en cheminant ſur les capitales de la demi-lune & des deux baſtions du front attaqué; qu'enſuite l'on a conſtruit les batteries de canons & de mortiers qui enfilent à ricochet le chemin couvert auſſi-bien que le rempart des mêmes ouvrages, pour en ruiner les défenſes. Pendant ce temps-là les ſappeurs

agiront de concert avec les mineurs ; marchant vers les angles des places d'armes ſaillantes & rentrantes. Les premiers pour établir des têtes de ſappes F E près du bout des galeries d'écoute G, G, répondant aux ſaillans, & les ſeconds en marchant ſous terre pour placer des fourneaux I, I, ſurchargés entre les extrémités des mêmes écoutes des rentrans. Je ſuppoſe qu'ils ont pris leurs meſures pour creuſer leurs puits d'une profondeur égale à celle des contre-mines, afin que les fourneaux ſe trouvent à peu près au niveau des galeries, & que ces puits ſont ſitués dans les bouts des tranchées L K qui communiquent d'une batterie à l'autre, afin de n'avoir rien de commun avec les autres rampes. Au fond de ces puits ils perceront des galeries M I d'environ vingt toiſes de longueur, ce qui ſera le travail de quatre ou cinq jours, pour parvenir à établir leurs fourneaux, qu'ils feront enſorte de commencer en même-tems pour les faire jouer enſemble. Les ſappeurs ſeront alors parvenus à faire leurs têtes F E, pour laiſſer agir le mineur aſſiégé, qui ne manquera pas de faire jouer quelques fourneaux afin de détruire les logemens. Pour peu que l'on ſoit attentif, on connoîtra à peu près ſa manœuvre,

afin de faire retirer les troupes à propos.

Suppoſant qu'à chaque tête ils ayent fait jouer deux ou trois fourneaux, auſſitôt les ſappeurs couronneront les entonnoirs avec des gabions, & les mineurs paſſeront dedans pour chercher les rameaux afin de les débourrer, obſervant de n'entrer dans toutes les galeries qu'au même inſtant; c'eſt pourquoi ils laiſſeront des maſques de ſacs à terre vers les extrémités des rameaux, pour que la fumée ne s'échappe que quand ils voudront s'en emparer. D'un autre côté l'on fera jouer tous les globes de compreſſion, avec les bouts de galeries qui communiqueront aux entonnoirs, dans leſquels ils paſſeront pour fouiller à droite & à gauche, afin d'atteindre les galeries d'écoute; de ſorte que ſi les meſures ſont bien priſes, il réſultera de ces opérations quatorze entrées dans les contre-mines, qui mettront l'aſſiégé hors d'état de pouvoir faire par-tout une égale réſiſtance. Quand il n'y en auroit que la moitié propre à être inſultée, c'en ſeroit aſſez pour s'emparer de toutes les mines, dont il ne faut changer en tranchée que les galeries qui conviendront le mieux au progrès du ſiége.

EXPLICATION DES FIGURES relatives à ce Mémoire.

PLANCHE IV.

FIGURES 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 & 9; Différentes coupes repréſentant les effets du globe de compreſſion.

Fig. 10, Plan des galeries qui ont été exécutées en 1732, à l'Ecole de la Fère, pour juger de l'effet du globe de compreſſion.

Fig. 11, Profil coupé ſur la ligne B A de la figure précédente, faiſant voir la galerie ſoûterraine avant l'exploſion du fourneau.

Fig. 12, Profil coupé ſur la même ligne, faiſant voir l'effet du fourneau après ſon exploſion.

PLANCHE V.

Fig. 1 & 2; Plans & profils des contre-mines exécutées au polygone de la Fère en 1725, ſous le glacis du chemin couvert, pour faire ſauter une fois dans la tranchée & les deux autres dans le foſſé une batterie de deux piéces de canons de vingt-quatre, que les aſſiégeans y avoient faite.

C, C, Fourneaux, les moins profonds ayant dix pieds de ligne de moindre réſiſtance, deſtinés à faire ſauter la batterie une premiere fois.

D, D, Seconds fourneaux pratiqués plus bas que les premiers, deſtinés à faire ſauter la batterie une ſeconde fois, ſi l'aſſiégeant la rétablit.

L, E, Troiſiémes fourneaux deſtinés à faire ſauter la batterie une troiſiéme fois. Il eſt à remarquer que les fourneaux D, D & E E, trouvant la terre ameublie du côté de la place, par l'effet des fourneaux précédens, jetteront infailliblement le canon du côté des aſſiégés.

Fig. 3, Profils des mêmes mines, pris ſur la longueur de la batterie vûe du côté de la place.

Fig. 5 & 6, Plans & profils d'un nouveau projet de contre-mines exécuté à l'Ecole de la Fère en 1739, pour faire ſauter du premier coup, du côté de la place, deux piéces de canons de vingt-quatre établies par l'aſſiégeant ſur le chemin couvert.

A, A, Petits fourneaux de ſept pieds de ligne de moindre réſiſtance, chargés chacun de vingt livres de poudre, deſtinés à former ſeulement des globes de compreſſion pour vaincre la ténacité des terres.

B, B, Fourneaux de dix pieds de ligne de moindre réſiſtance, chargés de ſix cent livres de poudre, qui ont jetté les deux piéces de canons de vingt-quatre du côté de la place, à trente-cinq toiſes de diſtance.

Fig. 4, Effet de ces mêmes fourneaux dans le moment de l'exploſion de la poudre.

Fig. 7, Plan des galeries de mines conſtruites à Biſy, pour éprouver l'effet du globe de compreſſion.

A, Galerie du ſud, de dix toiſes de longueur ſur cinq pieds de pente de l'eſt à l'oueſt.

B, Galerie du nord, de dix toiſes de longueur, & de trois pieds de pente de l'oueſt à l'eſt.

C, Galerie de l'eſt, de douze toiſes de longueur ſur ſix pieds de pente du ſud au nord.

D, Galerie de l'oueſt, de douze toiſes de longueur ſur cinq pieds de pente du ſud au nord.

E, Fourneau de douze pieds de ligne de moindre réſiſtance, chargé de trois mille livres de poudre.

I F, Galerie de onze toiſes trois pieds de longueur, partant du fond du puits I, & paſſant à quatorze pieds au-deſſous du fourneau E.

G H, Rameau près du fourneau, paſſant à quatorze pieds plus bas, & à huit pieds & demi de diſtance.

I, Puits de vingt-huit pieds de profondeur répondant à la galerie D.

K L, Rameau allant au fourneau E.

Fig. 8, Profil coupé ſur la ligne B A du plan; paſſant par le centre du fourneau E, par les galeries B & A, & par la galerie baſſe qui va au-deſſous du fourneau.

Y Z X, Galerie partant du puits I, ayant un pied & demi de pente de Y en Z, & le reſte de niveau.

Q N, Superficie du terrein, ayant cinq pieds de pente du ſud au nord entre les deux galeries A & B.

R S, Perpendiculaire de vingt-ſix pieds.

V R T, Ligne horiſontale.

Fig. 9, Profil coupé ſur la ligne C D du plan; paſſant auſſi par le centre du fourneau E & par les galeries C & D.

Q P, Superficie du terrein, de deux pieds de pente, entre les deux galeries C & D.

PLANCHE VI.

Fig. 1, Plan des effets du globe de compreſſion

ſur les galeries des contre-mines dont il étoit environné.

A, Galerie du ſud, de dix toiſes de long, dont il y en a eu huit de crevées.

B, Galerie du nord, de même longueur, de laquelle huit toiſes ont été crevées.

C, Galerie de l'oueſt, de douze toiſes de long, dont ſept ont été crevées.

D, Galerie de l'eſt, de même longueur, crevée dans toute ſon étendue.

Fig. 2, Profil coupé ſur la galerie baſſe qui paſſoit ſous le fourneau, faiſant voir le terme Z juſqu'où elle a été crevée, & à quelle profondeur de plus le même effet eût pû arriver, c'eſt-à-dire, à trente-huit pieds.

Fig. 3 & 4, Faiſant voir la grandeur de l'entonnoir, & les galeries hautes & baſſes qui ont été crevées.

Fig. 5, Plan d'une place d'armes de chemin couvert avec ſes contre-mines.

D, La place d'armes; 3, 2, 1, galerie magiſtrale; 1, 4; & 3, 7, galeries traverſales; 7, 4, galerie d'enveloppe; 5, 8 & 6, 9, galeries d'écoute; B, C, tête de ſappe; B, A, fourneaux faits par le mineur aſſiégé pour ruiner le logement.

Fig. 6, Les mêmes galeries ouvertes par l'effet de la poudre, & prêtes à être converties en tranchées.

Fig. 7, Profil de l'excavation de ces galeries après l'effet de la poudre.

Fig. 8, Les mêmes galeries abſolument converties en tranchées avec les épaulemens G, F, I, H, pour empêcher qu'elles ne ſoient enfilées.

Fig. 9, Profil des tranchées achevées, avec les retraites en gradins pour élever le soldat.

PLANCHE VII.

Disposition de tranchées, relative à l'attaque d'un chemin couvert contre-miné, selon la meilleure méthode.

A, B, C, Parallèle faite à environ soixante toises du chemin couvert.

F E, F E, F E, Têtes de sappe près des galeries d'écoute G, G, G.

I, I, I, I, Fourneau surchargé entre les extrémités H H des galeries d'écoute des angles rentrans, pour crever ces galeries.

M M M, Batteries qui enfilent à ricochet le chemin couvert & le rempart des ouvrages.

L K, Tranchées communiquant d'une batterie à l'autre, dans lesquelles sont percés les puits, d'où partent les galeries M I, qui vont aux fourneaux surchargés I, I, I.

Fin des Œuvres de M. BELIDOR.

CORRECTION & ADDITION

Pour la *TABLE des Mémoires contenues dans ce Recueil.*

Après le dernier Article, *Table des épreuves faites sur les bombes tirées à ricochets.* 319

Ajoutez

NOUVELLE THÉORIE sur la science des mines propres à la guerre &c. 320

Relation des épreuves faites à Bisy sur les mines propres à l'attaque des places. 370

607649

Fig. 3.

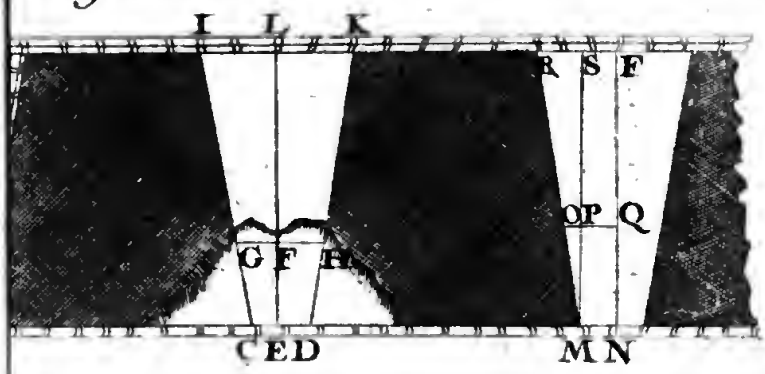


Fig. 4.

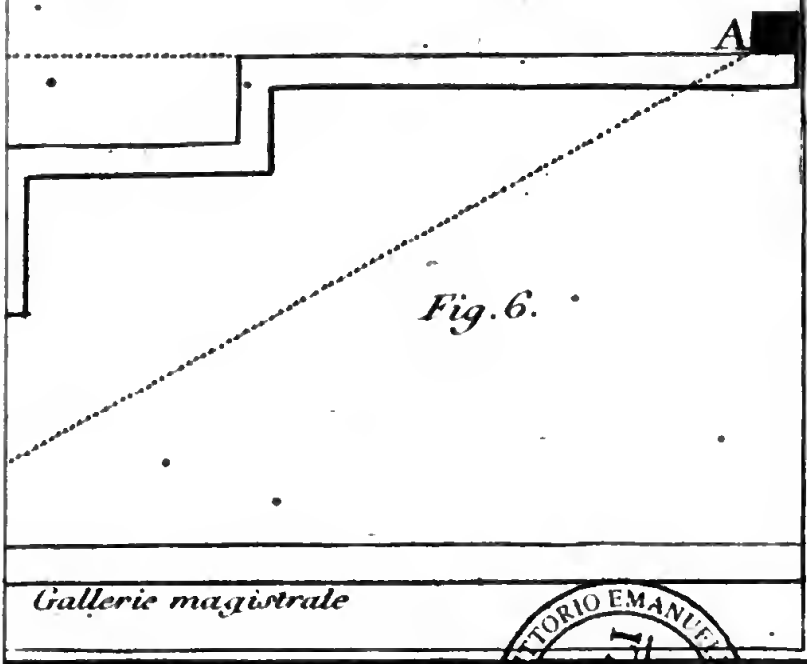


Fig. 6.

Gallerie magistrale

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

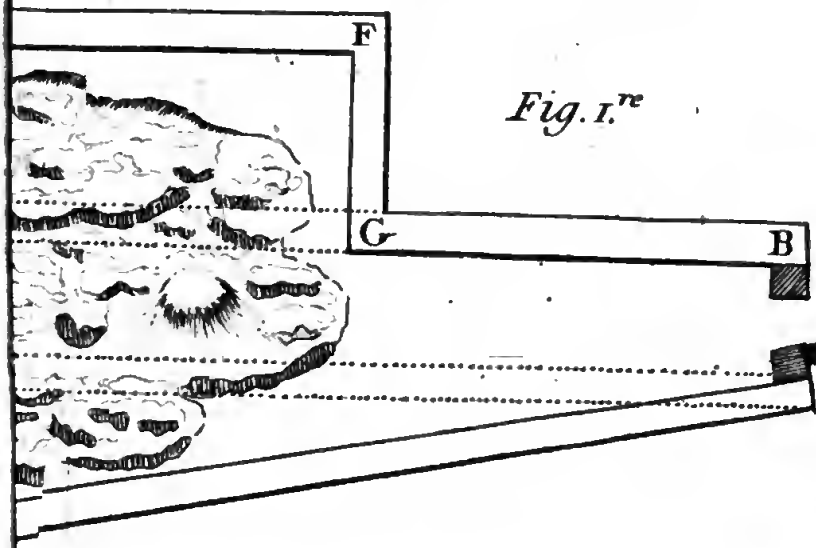


Fig. 1re

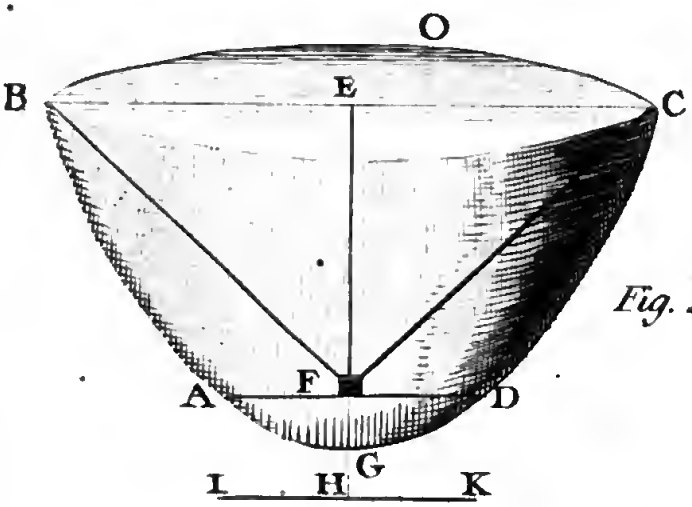


Fig. 4

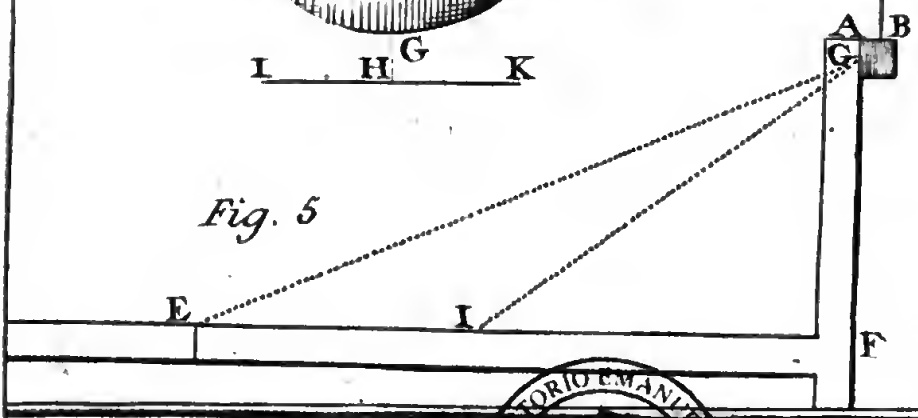
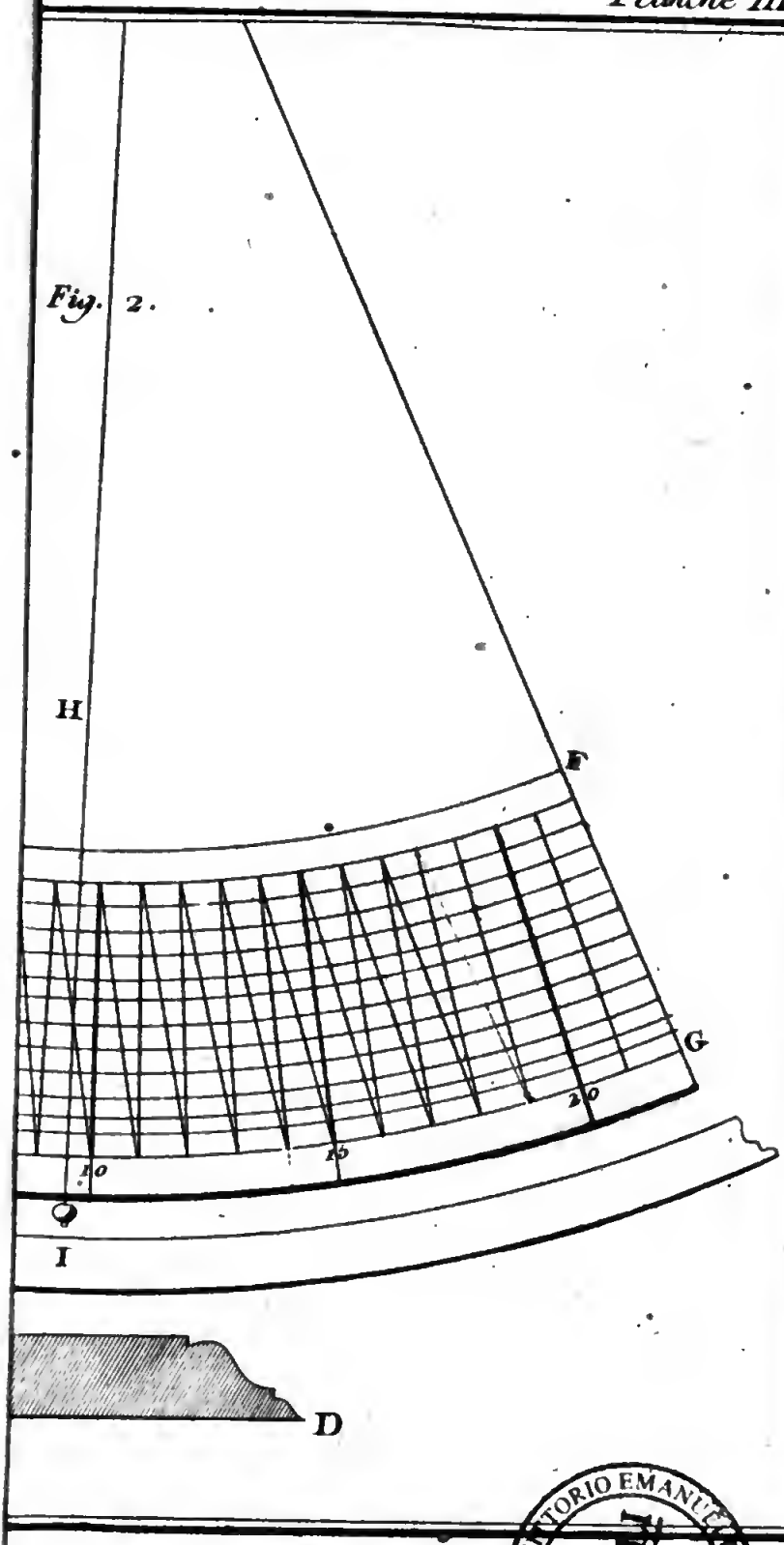


Fig. 5

BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Fig. 2.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" - NAPOLI

Fig. 3.

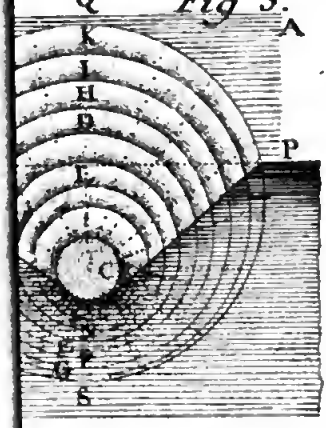


Fig. 4

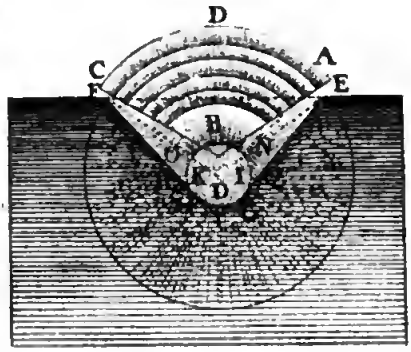


Fig. 8.

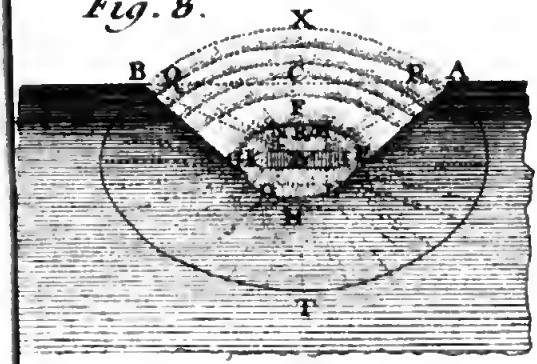


Fig. 9.

Fig. 11.

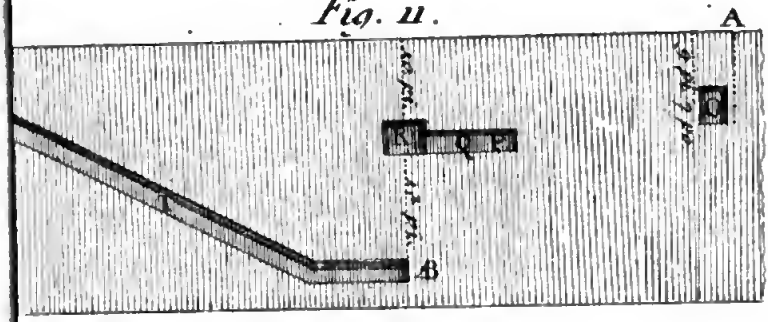
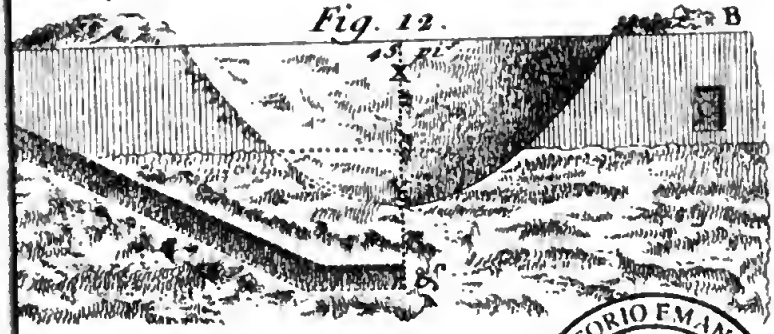


Fig. 12.



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

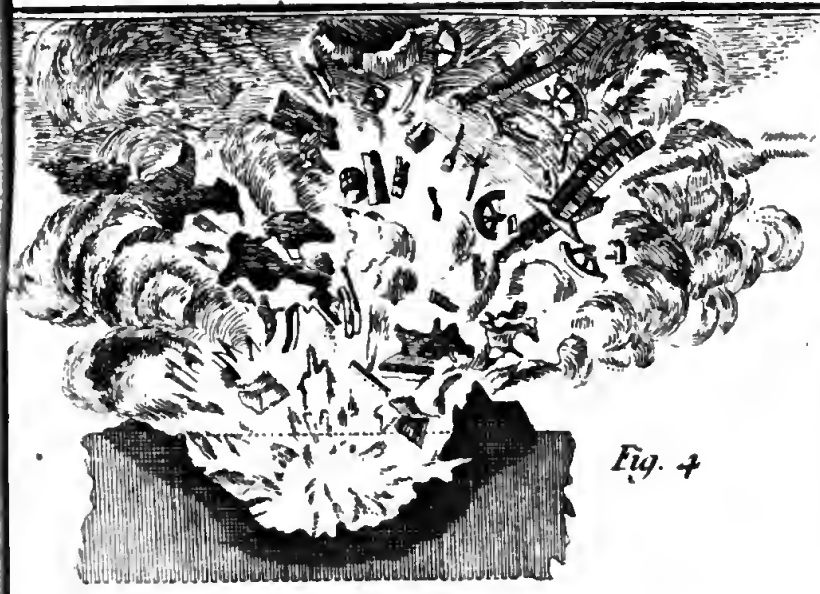
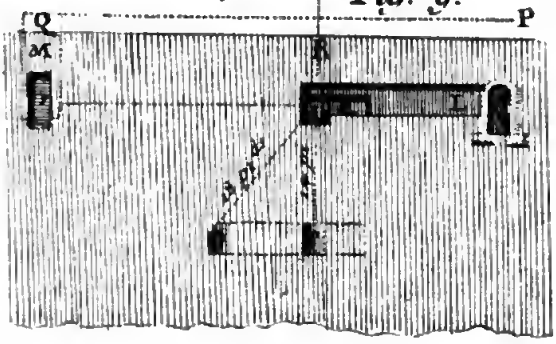


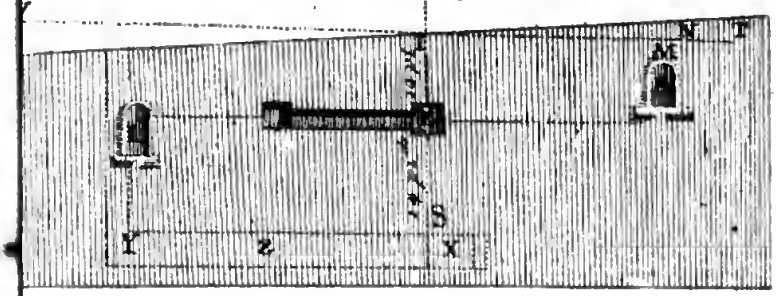
Fig. 4

Fig. 9.



6 Toises

Fig. 8



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Fig. 3.

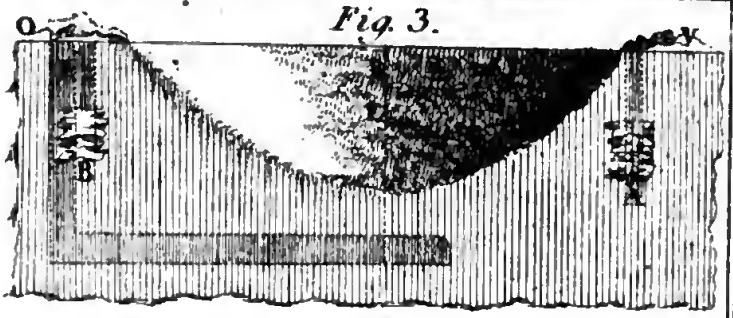


Fig. 4.

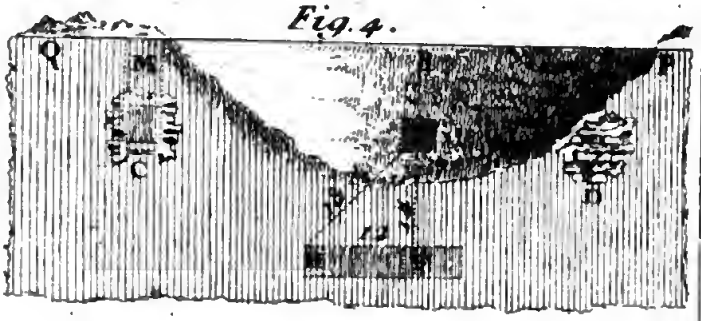
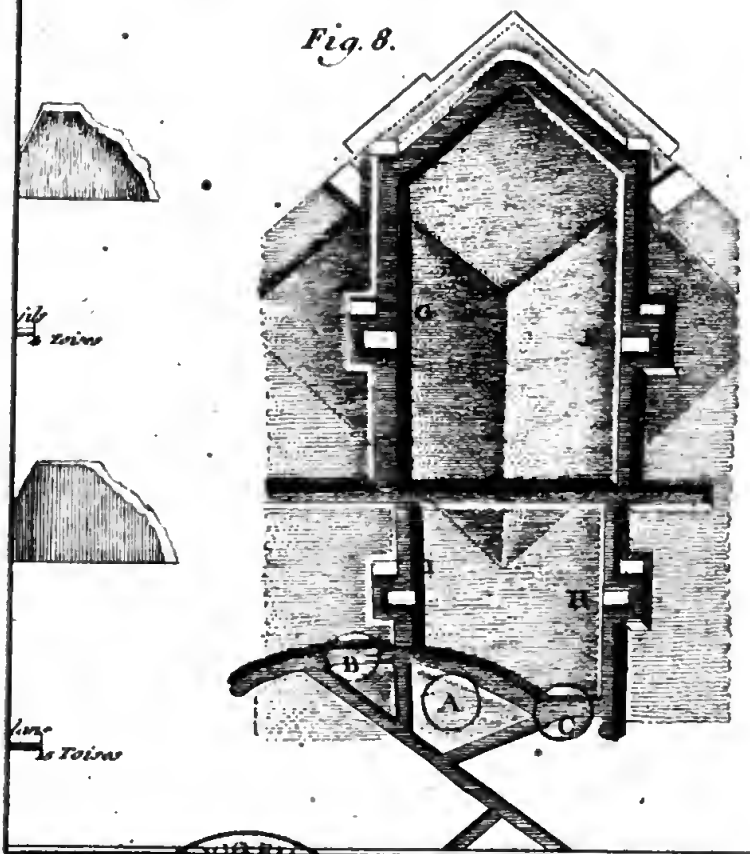
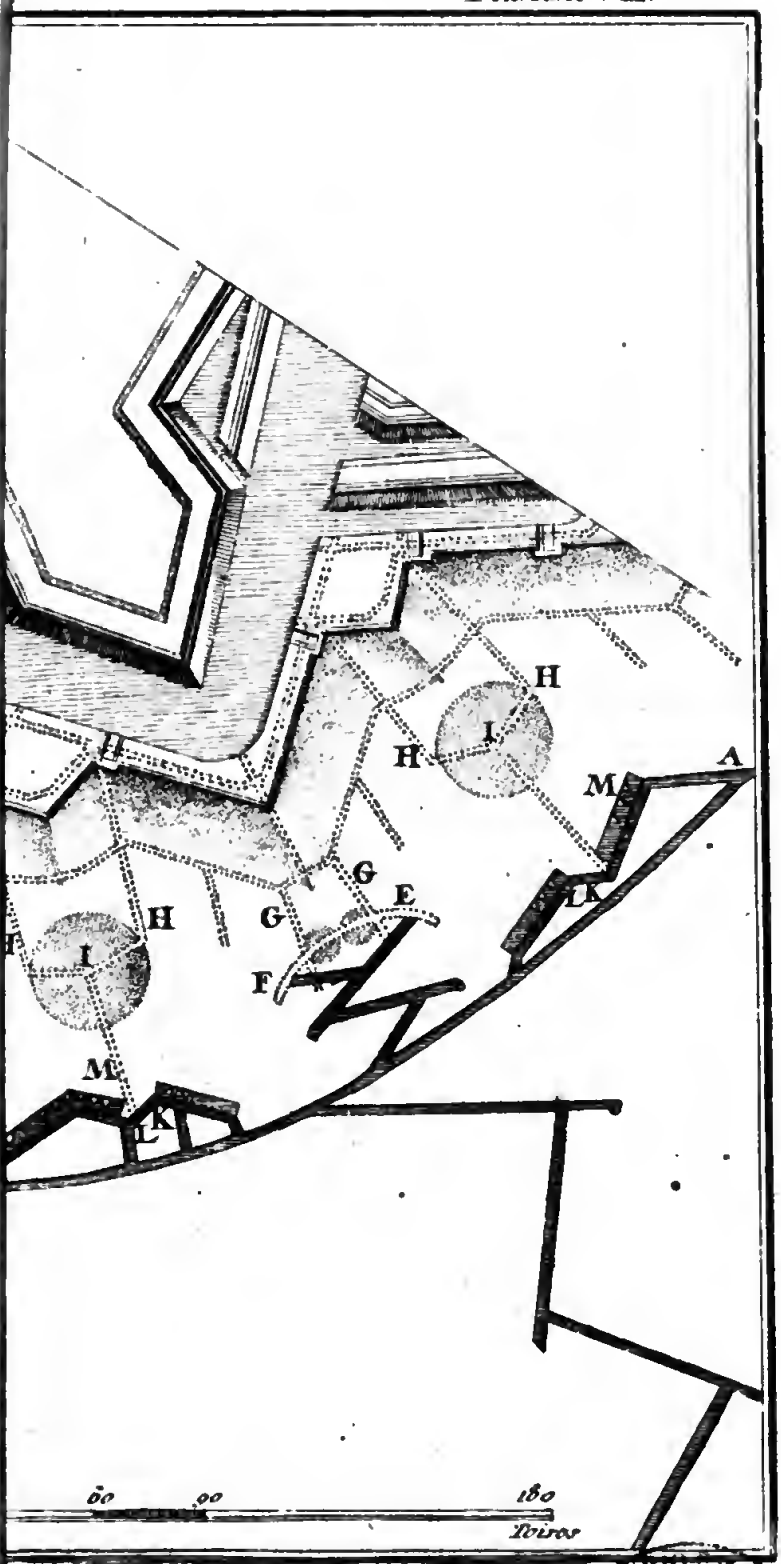


Fig. 8.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

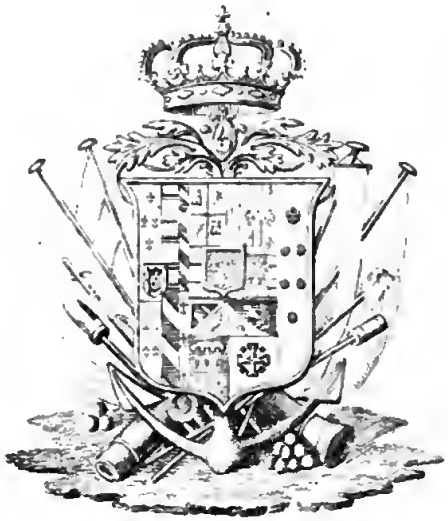
Planche VII.



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III"
NAPOLI

REALE OFFICIO TOPOGRAFICO

III Armadio.



Scansia Prima.

N.° 40.